







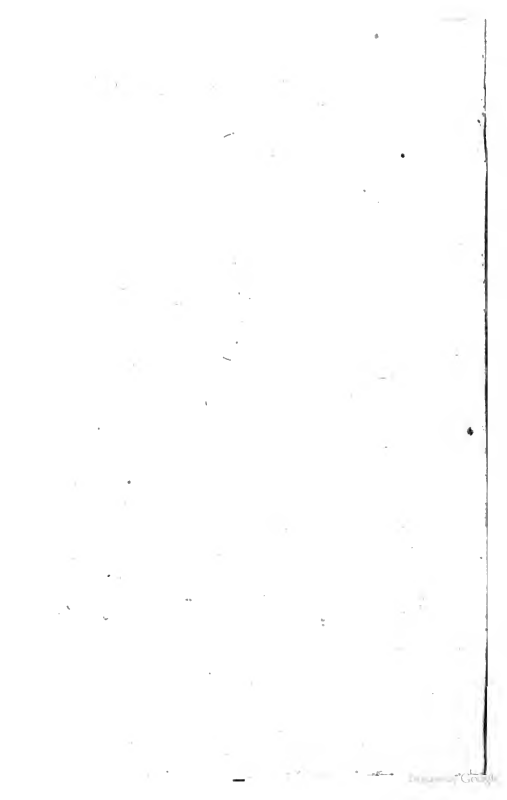






980h

Palat. XLV. 34<sup>6</sup>



5881-350V  
P R Ê C I S  
DE PHYSIQUE

GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE.

A L'USAGE DES DAMES,

*Par M. SIGAUD DE LAFOND.*

TOME PREMIER.

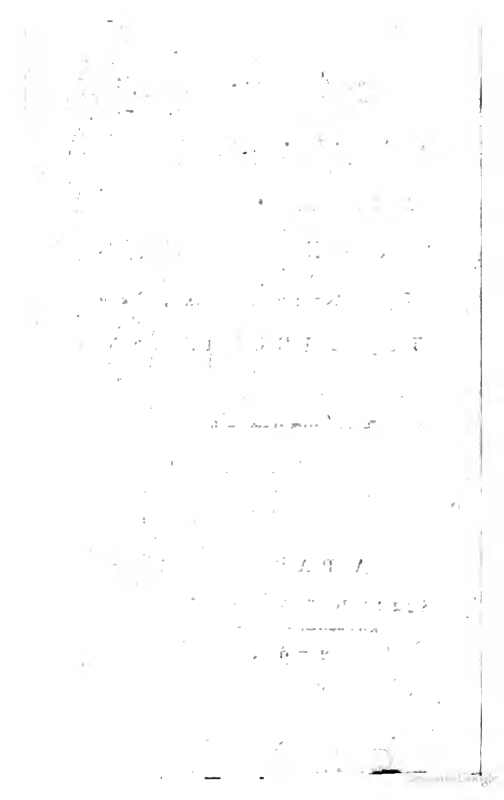
---

A PARIS,

RUE ET HÔTEL SERPENTE.

---

1797.)



## P R É F A C E.

PENDANT plus de trente ans que j'ai professé la Physique Expérimentale à Paris, les Dames ont presque toujours fait la majeure partie de mes Auditeurs, & toujours elles se distinguèrent par leur assiduité & l'attention particulière dont elles m'honorèrent constamment.

Douées d'une intelligence ;  
d'une sagacité qui leur est propre,

*a lij*

personne ne faisoit avec plus de facilité les vérités les plus abstraites, & ne suivoit plus exactement qu'elles les démonstrations les plus compliquées.

Si par fois elles me firent des questions, si elles me proposèrent des difficultés, jamais ces questions ne furent déplacées, & toujours ces difficultés furent celles que laissoient après elles, ou l'imperfection inévi-



table de certaines expériences, ou une explication qui demandoit à être plus développée.

Quelquefois, j'en conviens, ces difficultés faisoient naître des disputes; mais ces disputes intéressantes par la subtilité des argumens, & plus encore par la politesse avec laquelle ils étoient proposés, réveilloient & soutenoient l'attention de l'Assemblée qui y prenoit part,

viii *P R É F A C E.*

& toujours elles tournoient à son avantage , en ce qu'elles finissoient par mettre la vérité dans un plus grand jour.

Quand je me rappelle ces heureuses circonstances de ma vie, je me plais à croire que ce fut à ce concours habituel de Dames, à ce désir ardent qu'elles témoignoit de s'instruire , à l'émulation qu'elles excitoient, que je fus redevable

de cette multitude d'Auditeurs distingués qui fréquentèrent mon Ecole, & suivirent mes Cours.

Eloigné de la Capitale, dans la retraite que j'ai choisie, j'y vois les Dames aussi empressées de s'instruire, augmenter le nombre de mes Auditeurs & suivre avec une assiduité exemplaire l'Ecole de Physique Expérimentale que j'ai formée, que Sa Majesté a agréée,

x      *P R É F A C E.*

autorisée , & confiée à mes  
soins.

En parcourant des yeux le  
cercle qui m'environne , à  
chaque Séance, je me rappelle  
ces beaux jours , ces jours for-  
tunés , où je voyois la plus  
brillante Compagnie de Paris  
rassemblée dans mon cabinet; le  
même zèle m'anime , soutient  
mes efforts , & la satisfaction  
que mes Auditeurs me témoi-

gnent , m'inspire chaque année  
le désir de mieux faire.

Toujours donc occupé d'une  
science qui fait mes délices, &  
l'objet de mes études les plus  
assidues , d'une science qui de-  
vient tous les jours plus attrayan-  
te par les nouvelles découvertes  
dont elle s'enrichit, l'Ouvrage  
que je présente aux Dames est  
un hommage que je les prie  
d'agréer comme le juste tribut

*xij*    *P R É F A C E.*

de la reconnoissance que je leur  
dois.

Fait exprès pour elles , ce  
n'est point , comme on pourroit  
l'imaginer , un simple extrait de  
mes Elémens , qui ne feroit  
qu'un Abrégé de Physique Expé-  
rimentale , fort éloigné de rem-  
plir le plan que je me suis  
proposé en mettant la main à  
l'œuvre.

Quoique très-étendus , je ne

me suis occupé, dans mes Elémens, que de Physique Expérimentale, des questions susceptibles d'être traitées par la voie de l'expérience, & les théories que j'y ai développées, sont uniquement celles qui m'ont fourni matière à quelque expérience, l'unique objet auquel j'ai cru devoir tout sacrifier.

Ici j'embrasse un plan beaucoup plus vaste, j'embrasse toute

la Physique, & je traite plusieurs questions dont je n'ai pas cru devoir faire mention dans mes Elémens. A ne considérer donc que la matière, l'Ouvrage que je publie aujourd'hui, beaucoup moins volumineux que le précédent, est cependant plus étendu.

Si on me demande comment je suis parvenu à diminuer le volume de celui-ci, sans nuire



au développement de la plus grande quantité de matières qu'il renferme ? je répondrai que, sans négliger l'expérience qui fait la base de nos connoissances physiques & qui répand sur elles la lumière la plus certaine, j'ai supprimé tous les détails relatifs à la construction des machines & à leur manipulation, parce qu'il ne s'agit point ici d'apprendre à opérer, mais

à raisonner d'après l'expérience,  
& à saisir les vérités qui en  
découlent. Je n'ai donc dit que  
ce qu'il étoit nécessaire de dire  
pour donner une idée juste &  
précise des expériences que je  
cite, & mettre en évidence les  
inductions que j'en tire.

De plus longs développemens  
n'eussent fait qu'allonger le dis-  
cours sans le rendre plus inf-  
tructif, & n'eussent point dis-

penfé ceux qui veulent tout voir  
par eux-mêmes de consulter  
l'expérience. A ceux-ci, je leur  
dirai : ayez des machines &  
opérez ou , fi vous l'aimez  
mieux, suivez les Cours de  
Physique Expérimentale &  
voyez opérer. Aux autres, je  
leur dirai : lisez avec attention,  
& vous comprendrez facilement  
le génie & les résultats des expé-  
riences dont il fera fait mention;

*xviiij* P R É F A C E.

lisez avec application & vous  
fairez avec facilité les preuves  
que ces expériences fournissent  
à mes assertions.

Ce qui diminue encore le  
volume de cet Ouvrage, sans  
nuire à l'instruction du Lecteur,  
c'est l'attention que j'ai apportée  
à ne point anticiper sur le travail  
de mes collaborateurs. Je m'ex-  
plique : la Physique embrasse  
naturellement quantité d'objets

qui appartiennent de droit à plusieurs sciences qui font elles-mêmes partie de la Physique : elle traite ordinairement différentes questions d'Histoire Naturelle , de Chymie , de Physilogie , &c. ; or , toutes ces questions , que j'ai embrassées dans mes Elémens, chaque fois qu'elles m'ont fourni matière à quelques expériences curieuses & intéressantes , toutes ces ques-

xx    *P R É F A C E.*

tions, dis-je, que j'ai traitées fort au long dans cet Ouvrage, je les abandonne dans celui-ci; persuadé, comme je le suis, qu'elles feront beaucoup mieux traitées & d'une manière plus favorable au Lecteur, par chacun des Auteurs qui se sont chargés de lui offrir les Elémens des Sciences auxquelles elles appartiennent strictement.

Cependant j'ai cru devoir me  
permettre .

permettre d'exposer à ma manière le magnifique tableau de ces principes aériformes qu'on retire de la décomposition des mixtes, parce que cette matière appartient également à la Physique & à la Chymie. Considérant d'ailleurs que celle-ci ne s'occupe de ces différens objets qu'à mesure que les circonstances les présentent, & les amènent sur la scène, j'ai ima-

*xxij* P R É F A C E.

giné que le Lecteur me fauroit gré de rassembler & de lui présenter sous le même point de vue un Précis des connoissances acquises jusqu'à ce jour sur une matière aussi intéressante.

Fait avec tout le soin dont je suis capable , ce Précis lui mettra sous les yeux les rapports & les différences qu'on a découverts entre chacun de ces êtres & l'air proprement dit ; il appren-



dra quelles font leurs propriétés caractéristiques , les avantages qu'on en peut retirer en quantité de circonstances , & le soin avec lequel il convient de se garantir des impressions fâcheuses de la plupart d'entre eux ; mais ce qu'il verra sans doute avec un intérêt particulier , c'est le tableau de cette suite immense de travaux si ingénieusement imaginés & non moins

heureusement exécutés depuis quelques années ; & bien qu'il reste encore beaucoup à faire pour acquérir une connoissance parfaite de la nature de chacun de ces principes aériformes , on sera étonné des progrès qu'on a faits en si peu de temps dans cette science physico-chymique, la plus brillante partie de la Physique moderne.

Quand ce Précis n'auroit d'au-

tre avantage que de mettre le Lecteur au courant des nouvelles découvertes en ce genre, je me fusse déterminé à entreprendre ce travail; mais à cet avantage se joindra encore une plus grande facilité de comprendre les belles & sublimes théories que le savant Auteur de la Partie Chymique de cette Bibliothèque exposera fans doute dans les différens endroits de

xxvj P R É F A C E.

son Ouvrage , qui auront rapport  
à cet objet.

Ici, comme par-tout ailleurs,  
je passe sous silence la descrip-  
tion des appareils & le détail de  
leurs manipulations sur lesquelles  
je me suis très-étendu dans mon  
*Essai sur différentes espèces d'air*  
*fixe*. Au défaut d'un autre Ou-  
vrage de ce genre, je renverrois  
le Lecteur à celui-ci, si je pou-  
vois me persuader que des Dames

voulussent s'occuper d'une manipulation aussi rebutante pour elles; mais convaincu qu'il leur sera aussi avantageux & plus agréable de n'être que spectatrices de ces belles expériences; j'imagine qu'elles me sauront gré de leur apprendre que je ne connois personne plus en état de les satisfaire en cela, & en général en tout ce qui concerne les expériences de Physique,

xxviiij P R É F A C E.

que M. Rouland , Professeur de  
*Physique Expérimentale* , à Paris ,  
*Hôtel de Mouy* , rue *Dauphine* :  
possesseur d'un superbe Cabinet  
de machines , il joint au talent  
de les manier avec la plus grande  
dextérité , celui d'en expliquer  
parfaitement bien les effets , &  
de faire d'excellens Cours de  
Physique.

Quant aux démonstrations  
Mathématiques , dont on fait un

assez fréquent usage en Physique ;  
& que je n'ai pas craint d'employer dans mes Elémens , je les ai éliminées de celui-ci. A leur place , j'ai substitué des raisonnemens plus faciles à faire , & ces raisonnemens m'ont fourni des preuves aussi concluantes.

Si , en quelques endroits , je me suis servi de quelques expressions Mathématiques , je ne

*xxx P R É F A C E.*

J'ai fait qu'avec la plus grande discrétion ; & lorsqu'il ne m'a point été possible de m'énoncer en d'autres termes , j'ai toujours eu soin d'en donner l'explication en faveur de ceux qui ne feroient point familiarisés avec ces sortes d'expressions.

Ainsi donc, en comparant cet Ouvrage à mes Elémens, on verra qu'à l'exception des principes qui ne peuvent varier,



*P R É F A C E. xxxj*

des vérités physiques qui sont toujours les mêmes & qu'on ne peut énoncer autrement, la manière selon laquelle j'ai traité les questions que j'ai embrassées, les preuves dont je me suis servi, presque toutes les observations que j'ai rapportées, la plupart des applications que j'ai eu occasion de faire, & jusqu'à la forme, je veux dire la distribution des matières, tout a

*xxxij* P R É F A C E.

été refait dans celui-ci, à dessein  
de le rendre plus concis &  
moins volumineux, sans nuire  
à sa clarté & à l'instruction des  
Dames auxquelles j'ai l'hon-  
neur de l'offrir & d'en faire  
hommage.

BIBLIOTHÈQUE

nécessairement son esprit jusqu'à la sublimité de leur auteur ; mais je veux qu'en les contemplant ces merveilles, en les étudiant, il sache se défier de son intelligence, & plus encore de son imagination ; je veux qu'il n'oublie jamais, qu'en exposant à ses yeux les trésors de sa munificence, en lui montrant les effets de sa puissance, souvent la nature se plaît à lui en cacher les causes ; je veux donc, qu'avant de s'occuper de celles-ci, il s'attache particulièrement à bien saisir leurs effets, à étudier leurs rapports, leurs analogies, à en découvrir toutes les particularités, & que, circonspect & réservé, il n'admette aucune cause qu'elle ne lui soit ma-

nifestement démontrée ; & pour cela , je veux qu'il consulte l'expérience par-tout où son flambeau pourra lui prêter sa lumière.

Je ne dirai pas que ce flambeau soit le seul , mais le plus sûr des guides qui puissent le conduire dans les routes ténébreuses qui aboutissent au sanctuaire de la nature , & je ne disconvienrai même point , qu'au lieu de l'éclairer , cette lumière peut quelquefois l'éblouir , mais toujours par sa faute , & j'en trouve la preuve dans cette multitude d'erreurs répandues dans les ouvrages de ceux qui prétendent ne parler que d'après l'expérience. Dans le fait , on voit qu'ils l'ont consultée ; mais avec un esprit préoc-

cupé de l'opinion qu'ils avoient embrassée , avec le désir de la trouver favorable à cette opinion , & cette manière de l'interroger est la cause des erreurs dans lesquelles ils sont tombés. Je veux donc que , mettant de côté toute prévention quelconque , il ne voie dans l'expérience que ce que l'expérience lui montre.

Au défaut de ce guide , qui ne peut le conduire par-tout , je veux que le physicien ait recours à l'observation & à l'analogie ; mais je veux aussi qu'il se tienne sur ses gardes lorsqu'il est obligé d'user de ces deux moyens : excellens en soi , ils peuvent cependant l'égarer ,

mais encore par sa faute. Souvent en effet, il ne voit dans l'observation que ce qu'il a dessein d'y voir, & non ce qu'il devrait y voir, & c'est ici, comme précédemment, la prévention en faveur d'une opinion qui lui plaît, qui enfante cette erreur : cette prévention, si contraire aux progrès de la science, fait sur son esprit ce que feroit sur ses yeux un verre coloré à travers lequel il observeroit les objets qui l'environnent : il les verroit tous participer plus ou moins à la couleur dont ce verre seroit teint.

Je dis la même chose de l'analogie : elle l'égarera toujours, tant qu'il ne fera point assez prudent

pour la renfermer dans de justes bornes, tant qu'il lui donnera plus d'extension que ne le permettront l'expérience, l'observation, ou le raisonnement qui la lui présenteront.

Instruits par l'exemple des autres, & connoissant, comme nous les connoissons, les causes qui vicient l'excellence des moyens que la bien-faisance de la nature nous met entre les mains pour diriger nos études, & nous élever à la connoissance de ses merveilles, nous les emploierons ces moyens avec les précautions que nous venons d'indiquer, & nous tâcherons de nous garantir de l'erreur. Si cependant l'amour de la vérité qui nous

## 8      P H Y S I Q U E .

anime & le désir de la faire connoître à nos lecteurs, ne suffisent point pour la découvrir toujours, ils n'auront point à nous reprocher de n'avoir pas fait tous nos efforts pour y atteindre, & mériter la confiance dont nous les prions de nous honorer.

Chacun a sa manière de diviser la Physique. Nous en avons adopté une particulière pour nos élémens, & cette division a mis dans tout son jour le plan que nous avons conçu. Nous en adopterons une autre ici plus conforme à celui que nous nous proposons de suivre, & elle aura cet avantage, qu'elle sera moins compliquée, en ce qu'elle présentera toute l'étendue de la Phy-



fique sous deux points de vue seulement. Nous la diviserons donc en deux parties : en *Physique générale*, & en *Physique particulière*.



## PREMIÈRE PARTIE.

*De la Physique Générale.*

J'appelle *Physique Générale* celle qui ne considère les corps que relativement à ce qu'ils ont de commun , à ce qui leur convient à tous , ou au moins à tous les individus d'une même espèce. De là les principes qui entrent dans leur composition , les propriétés dont ils sont tous revêtus , les loix qui les dirigent dans leurs mouvemens ou dans leur équilibre , font le principal objet de la *Physique générale* , objet que nous développerons & que nous présenterons dans autant de Chapitres particuliers.

## CHAPITRE PREMIER.

*Des principes des Corps.*

On donne le nom de *corps* à toutes les parties de l'univers matériel qui tombent sous nos sens, ou qui sont capables d'affecter de quelque manière que ce soit ces organes. Je dis de quelque manière que ce soit ; parce qu'il y a quantité de corps auxquels leur trop grand éloignement , ou leur extrême ténuité semble avoir ravi cette faculté que l'on a su leur rendre. Que de corps , en effet , étoient perdus pour nous , dans l'immensité des cieux , avant l'invention des lunettes ! Combien n'en

découvrirons-nous pas encore d'autres, lorsque le fameux *Herschel* aura exécuté son superbe télescope, l'objet des désirs les plus pressés des astronomes. Si nous passons d'une extrémité à l'autre ; que de corps échappoient à la faiblesse de notre vue avant l'invention & la perfection des microscopes ! Que ces deux sortes d'instrumens ont admirablement étendu le domaine de nos sens ! Qu'ils doivent être précieux l'un & l'autre au physicien ! Que dis-je ! à tout amateur , qui fait apprécier les merveilles de la nature , & qui se plaît à les considérer ! Mais ne parlons que des corps qui affectent immédiatement nos sens , de ceux qui peuvent

devenir le sujet de nos expériences , & tâchons de découvrir leurs principes.

L'histoire des différentes opinions philosophiques à cet égard, & qui ont successivement régné dans l'école, depuis l'origine de la physique jusqu'à ce jour , seroit la preuve la plus concluante que je pourrois apporter des erreurs dont l'esprit humain est capable , lorsque , laissant de côté les véritables moyens qui pourroient le conduire à la vérité , il ne consulte que son imagination & s'attache opiniâtement aux idées qu'elle enfante.

On imagina d'abord que les principes des corps , les premiers rudimens de la matière , ne pouvoient

être que des êtres simples, & cette idée, dont on ne voulut point s'écarter pendant long-temps, donna naissance à une multitude d'absurdités qui déshonorèrent le berceau de la Physique, & confirmèrent pendant plusieurs siècles, ce que disoit anciennement *Cicéron* : *qu'il n'est rien d'absurde qui ne soit sorti de la tête d'un philosophe.*

Sans remonter plus loin que *Zénon*, qui vivoit cinquante ans avant l'Ère chrétienne, n'étoit-il pas absurde de soutenir, comme il le soutenoit, que la matière ou les corps étoient primitivement composés de points inétendus? Qui pourra concevoir que deux, ou plusieurs inétendues réunies, formeront une étendue? N'est-ce pas

précifément comme fi on difoit que deux, ou plufieurs zéros, ajoutés à un zéro, forment une quantité déterminée ?

Bien que fort accréditée dans l'école, *Leucipe* & *Démocrite* comprirent parfaitement l'abfurdité de cette opinion : ils la rejetèrent ; mais ils lui en fubftituèrent une autre qui n'étoit pas moins abfurde. Ils firent revivre les atomes de *Mofchus* le Sydonien ; ils les regardèrent comme les véritables élémens de la matière , & ils donnèrent à ce fyftème furanné une nouvelle forme qui, fans le rendre meilleur , en fit le fyftème dominant. *Epicure* vint enfuite qui l'embralfa , & y fit plufieurs changemens ; mais il y laiffa fub-

sister la plus grande des absurdités qu'on eut à lui reprocher, *la non-crétation des atomes*. Il les regardoit comme des êtres éternels & incréés. Il leur attribuoit des grandeurs & des figures différentes, & malgré cela, il vouloit qu'il fussent infécables, parce qu'il les supposoit parfaitement durs.

A la longue, ce système fut abandonné de tout le monde, & peut-être aujourd'hui seroit-il enseveli dans la nuit d'un éternel oubli, si *Gassendi*, l'un des plus célèbres philosophes du dix-septième siècle, ne l'eût adopté & ne l'eût remis en vogue, après l'avoir rectifié sur plusieurs points; mais sur-tout après avoir dépouillé les atomes du privilège de l'éternité, qu'*Epicure* & ses



prédécesseurs leur avoient gratuitement accordé.

A cette époque, tous les physiciens devinrent atomistes à l'exception du fameux père *Magnan*, qui s'éleva le premier contre cette secte renaissante & a démontré la fausseté de ce système, dans son Cours de Philosophie. Si on ne peut disconvenir qu'il le refusa parfaitement, plus heureux à détruire qu'à créer, on peut lui reprocher d'avoir substitué aux atomes *des points enflés*, qui ne signifioient rien, & n'étoient capables de rien. Mais bientôt ces points, aussi ridicules que les atomes firent place aux *monades* de *Leibnitz* qui ne l'étoient pas moins; & voilà comme l'imagination, ce magnifique

présent de la nature bienfaisante, se joue de ceux qui en abusent & ne savent point la modérer, ni la diriger sur les préceptes d'une sage philosophie.

Ce sont les sens & non l'imagination qu'il faut consulter, lorsqu'il s'agit de connoître les principes des corps. C'est à la chymie, qui les décompose, à nous apprendre ce qui compose les corps; à elle seule appartient de nous montrer leurs véritables principes, & c'est, en s'aidant de ses secours, que les physiciens de nos jours sont parvenus à acquérir des connoissances certaines à cet égard.

Elle leur a appris que les corps résultent de la combinaison intime

de principes de différens ordres de composition, selon qu'ils sont plus ou moins composés ou surcomposés, & qu'en dernière analyse, ou en dernière décomposition, ils se réduisent aux quatre élémens suivans : *la terre, l'eau, l'air & le feu*, qu'on appelle plus communément *le principe inflammable*, ou *le phlogistique*. *Aristote*, le père de la philosophie ancienne, avoit annoncé cette vérité & il faut convenir qu'il est bien humiliant pour les philosophes, de s'en être écarté pendant tant de siècles, avec tous les moyens qu'ils avoient de la confirmer.

Quoi qu'il en soit, il se présente ici une question à laquelle nous ne nous chargerons pas de répondre en

ce moment. On demande si les quatre élémens, que nous venons d'indiquer, doivent être regardés comme les principes primitifs des corps ? Si ce sont des êtres simples, ou s'ils sont eux-mêmes composés d'êtres plus simples encore ? Jusqu'à ce jour on les a regardés comme les êtres les plus simples que nous connoissions. L'analyse & la synthèse sont venues à l'appui de cette opinion ; la première, en ce quelle ne peut mordre sur aucun, ni le décomposer, & parce qu'elle les a toujours trouvés les mêmes dans la décomposition des corps ; la synthèse, parce qu'en les réunissant, elle a fait renaître, & toujours reproduit les corps dont l'analyse les avoit extraits.

Cependant , aujourd'hui que la chymie s'est perfectionnée, elle semble nous apprendre le contraire, au moins par rapport à l'eau. On prétend qu'on est parvenu à la décomposer , & on assure qu'elle est composée *d'air inflammable & d'air déphlogistiqué*.

On conçoit parfaitement qu'il est indispensablement nécessaire de connoître les deux nouveaux êtres qui se présentent ici sur la scène , avant d'exposer & de développer les preuves sur lesquelles on fonde la nouvelle opinion que la plupart de nos chymistes actuels ont embrassée , & qu'ils cherchent à confirmer par de nouvelles expériences plus décisives que celles qui lui ont donné naissance.

Nous remettrons donc à en parler dans le chapitre que nous consacrerons à l'eau, & ce chapitre se trouvera dans la seconde Partie de notre Physique, où nous traiterons en particulier des autres élémens & de leurs propriétés.

D'ailleurs, il s'en faut de beaucoup que la composition de l'eau puisse être regardée comme certaine, & quand cette opinion seroit aussi vraie qu'elle est douteuse, il s'en suivroit seulement qu'au lieu de ranger l'eau parmi les principes primitifs des mixtes, elle n'en seroit qu'un principe secondaire, ou du second ordre ; ce qui s'accorde parfaitement avec ce que nous venons

de dire , dans le moment, des principes de différens ordres de composition , qu'on ne peut s'empêcher d'admettre dans les corps , à raison qu'ils sont plus ou moins composés , ainsi que l'analyse chymique le démontre tous les jours.

De l'union de ces principes de différens ordres résultent ce qu'on appelle *les parties intégrantes des corps* , qui sont les plus petites parties qui entrent dans leur composition , & qui , séparément prises, sont de même nature que le corps dont elles font partie , & jouissent de toutes ses propriétés ; mais qu'en-

tend-t-on par propriété dans les corps ? c'est ce que j'examinerai dans le Chapitre suivant.



## CHAPITRE



## CHAPITRE SECOND.

*Des propriétés générales des Corps.*

J'appelle *propriété* dans un corps, tout ce que j'apperçois de constant dans ce corps, & ce qui m'affecte toujours de la même manière. Si je vois que cette propriété se fasse remarquer dans tous les corps, qu'elle en soit inséparable, qu'elle leur convienne dans toutes circonstances données, je l'appelle *propriété générale*. Je range dans cette classe *l'étendue, la figure, la divisibilité, la porosité, la compressibilité, & l'impenétrabilité*; ce sont autant de propriétés générales des

corps qu'il est important de connoître , & que je vais développer dans l'ordre que je les ai indiquées.

## P R E M I È R E   S E C T I O N .

### *De l'étendue & de la figure des Corps.*

Tous les corps sont étendus & figurés , c'est une vérité de fait universellement reconnue en physique. On ne dispute même pas ces deux propriétés aux plus petites portions de la matière , à ces êtres que l'œil ne peut saisir qu'à l'aide d'un instrument qui les grossit assez pour les rendre sensibles. Par-tout où la matière existe , elle existe avec une certaine portion d'étendue , & cette

étendue est toujours figurée ; mais il se présente ici deux questions sur lesquelles on a long-temps disputé , & l'une d'elles , celle qui concerne l'*étendue* , a fait imaginer une multitude d'opinions que je passerai sous silence pour l'honneur de la philosophie , disons mieux , pour l'honneur de ceux qui les ont imaginées. En se tourmentant , comme on l'a fait , pour découvrir la nature de l'*étendue* , pour savoir si elle constitue l'essence de la matière , on devoit comprendre que c'est un des mystères de la nature , un secret impénétrable au philosophe. Pourquoi , au lieu de dogmatiser , sur cet objet , ne convint-il point de son ignorance ? En rendant cet

hommage à la vérité , il se fût acquitté de son devoir , & il se fût épargné bien des disputes qui n'ont servi qu'à constater davantage son ignorance.

Quant à la seconde question , celle qui concerne la figure des corps , elle mérite de trouver ici sa place , & nous y répondons d'autant plus volontiers que l'expérience vient à l'appui de notre réponse. On demande donc si la figure dont tous les corps sont doués , est un caractère particulier qui distingue chaque individu pris dans une espèce quelconque , de tout autre individu de même espèce ? Dans cette question , comme dans toute autre , les sentimens sont partagés :

es uns tiennent pour l'affirmative, les autres pour la négative, & de part & d'autre on ne manque point de raisons métaphysiques en faveur de son opinion. Je me dispenserai de les rapporter, parce qu'il s'agit ici d'un fait sensible, & qu'en pareilles circonstances, ce n'est ni le raisonnement, ni l'imagination, mais les sens qu'il faut consulter, & ces juges, les seuls compétens en cette matière, ont irrévocablement prononcé sur cette question : ils nous ont appris qu'il n'existe point de parties similaires dans la nature, qu'on ne trouve point deux êtres de même espèce si parfaitement semblables, qu'on

puisse les confondre , & les prendre l'un pour l'autre.

Une foule d'expériences atteste ce fait : je me borne à une seule , parce qu'elle est très-concluante & qu'elle fut faite avec soin , dans le siècle dernier , par plusieurs savans philosophes qui n'étoient point d'accord entr'eux , & disputoient beaucoup sur cette question. Ils étoient alors assemblés dans le jardin d'Hanovre , en présence de l'Electrice , qui prenoit intérêt à cette dispute.

Cette princesse , ne voulant s'en rapporter qu'à ses sens , sur un objet dont ils pouvoient juger , leur proposa de dépouiller entièrement de ses feuilles l'un des gros arbres du jardin , & de les examiner soi-

gneusement les unes après les autres. L'expérience étoit longue & pénible à faire : n'importe, la proposition fut acceptée, & chacun se mit à l'ouvrage. Quand il s'agit de plaire à une dame,

Tout Philosophe est un Lubin :

La peine ne lui coûte rien.

On prit donc une feuille qui servit de terme de comparaison pour toutes les autres feuilles, qui ne se trouvèrent point endommagées, & on-n'en vit pas deux parfaitement semblables dans la multitude de celles qu'on examina. Toutes présentèrent des différences individuelles qui les distinguoient les unes des autres, & raisonnant par

analogie , nos philosophes se séparèrent, bien persuadés qu'il n'y a point de figures semblables dans la nature. Tous les corps étant étendus & figurés , je veux dire, terminés par un nombre plus ou moins grand de côtés tous distingués , & conséquemment séparables les uns des autres , j'en conclus qu'ils sont tous divisibles , ou que la divisibilité est une des propriétés générales de la matière , & cette propriété fera le sujet de la Section suivante.

## SECONDE SECTION.

### *De la divisibilité des Corps.*

Personne ne conteste aux corps cette propriété ; tout le monde con-



vient qu'ils sont divisibles ; mais jusqu'à quel point le sont-ils ? c'est-là le sujet d'une grande dispute qui n'est point encore terminée , à la honte de ceux qui se plaisent à l'entretenir. Les uns veulent que la matière soit divisible à l'infini ; les autres soutiennent le contraire , & prétendent qu'elle cesse d'être divisible dès qu'on est parvenu à la réduire à ses premiers élémens , qu'ils regardent comme indivisibles. La métaphysique la plus subtile se prête , on ne peut mieux , à cette dispute , dans laquelle , comme dans bien d'autres , on finit par ne s'entendre plus ; & cela , parce qu'au lieu de convenir des faits , ou d'exposer clairement l'état de la ques-



tion , on l'expose d'une manière vague & indéterminée , de façon que chacun l'entend à sa manière. Cependant, point de problème plus facile à résoudre en Physique , lorsqu'il est bien présenté.

S'il s'agit, en effet, d'une divisibilité idéale , métaphysique , & purement mathématique , de savoir si quelque divisée que soit la matière , on conçoit qu'elle soit encore divisible ; il est constant qu'on doit tenir pour l'affirmative , & les preuves les plus solides viennent de toutes parts à l'appui de cette assertion. La géométrie nous en fournit plusieurs , que je laisse de côté. Je ne m'arrête qu'au raisonnement suivant , parce qu'il est aussi simple que concluant.

Je demande donc ce qu'opère la division dans un corps , & la réponse se présente sur le champ à l'esprit : elle diminue l'étendue de ce corps , & elle la diminue d'autant plus , qu'on la réitère davantage ; mais elle a beau la diminuer , elle ne peut la détruire : d'où je conclus que , quelque petites que soient les parties d'un corps prodigieusement divisé , elles sont encore étendues. Supposons que cette division soit poussée plus loin , ne mettons même pas de bornes à cette supposition , & je répondrai la même chose. Je dirai que les parties qui naîtront de ces nouvelles divisions , iront , à la vérité , en diminuant de grandeur , mais qu'elles conserveront toujours une certaine

portion d'étendue. Fût-elle infiniment petite, n'importe, elle fera nécessairement figurée; puisque la figure est le résultat nécessaire des bornes qui terminent en tous sens une étendue matérielle.

Or, on démontre en géométrie, que la plus simple de toutes les figures imaginables est composée de trois côtés & de trois angles qui ne peuvent être confondus entre eux. Quelque petite que soit donc une portioncule de matière, on y trouve au moins trois parties distinctes, qu'on conçoit comme séparables les uns des autres, & conséquemment, quelque divisée que soit la matière, on conçoit qu'elle est encore divisible. Sa divisibilité idéale & métaphysique

physique ne reconnoît donc point de bornes , & en ce sens , on peut , & on doit soutenir qu'elle est divisible à l'infini.

Mais s'il s'agit d'une divisibilité réelle & physique , d'une divisibilité à effectuer , ce n'est plus la même chose & il s'en faut de beaucoup que la matière soit divisible à l'infini. Est-on, en effet, parvenu à porter la division d'un corps jusqu'à un certain point , alors ses parties ont acquis un degré de ténuité qui les dérobe à toute l'activité des agens que nous pourrions employer pour les atténuer davantage & leur division devient impraticable. Nous concevons qu'elles sont encore divisibles, mais les moyens nous manquent pour les diviser. Con-

fidérée donc en elle-même , la matière est divisible à l'infini ; mais par rapport à nous , elle ne l'est que jusqu'à un certain point & c'est , en deux mots , la véritable réponse à cette fameuse question , sur laquelle on a tant écrit contradictoirement , à la honte des deux partis qui n'ont montré , dans cette dispute , qu'un défaut d'intelligence , ou peut-être de bonne foi.

Disons donc simplement que la matière est prodigieusement divisible , & si on me demande jusqu'à quel point on peut profiter de sa divisibilité pour la diviser réellement ? Je répondrai que je l'ignore ; mais ce que je n'ignore pas , & ce que je puis facilement prouver , c'est qu'elle est divisible au-delà de l'idée qu'on

pourroit s'en former , avant de connoître les preuves sur lesquelles cette assertion est solidement établie.

Qui croiroit , par exemple , qu'une seule once d'or peut s'étendre sous le marteau , au point de former une surface de plus de quatorze mille pouces en quarré ? Qui croiroit que la même quantité d'or peut s'allonger , en passant par une filière , au point d'acquérir plus de cent lieues de longueur ? Ce sont , cependant , deux faits incontestables , & de la certitude desquels on peut se convaincre par ses propres yeux , en visitant les ateliers où ces opérations se pratiquent.

Dans l'un , on verra , avec autant de plaisir que de surprise , une multi-

tude de travaux qui se succèdent , depuis la fonte de l'or , pris en chaux chez l'affineur de la monnoie , jusqu'à ce qu'on soit parvenu à réduire une once de ce métal à seize cents feuilles quarrées , de trois pouces & une ligne de côté chacune ; mais pour l'amener à cet état , qu'elle patience , quelle industrie de la part de celui qui le travaille , en le battant successivement avec différentes espèces de marteaux ! Avec quelle adresse il le manie , à mesure qu'il s'étend ! Quelle dextérité pour le renfermer successivement dans quatre espèces de moules , ou de livrets ! Ne parlons point des deux premiers qui sont de vélin , mais des deux autres , faits d'une membrane de l'intestin



du bœuf , bien dégraissée & convenablement préparée , membrane qu'on connoît sous le nom de *baudruche*. A quoi bon , nous demandera-t-on , tant de soins , tant de précautions dans ce travail ? c'est pour garantir le métal d'être déchiré sous les coups redoublés qu'on lui porte.

Mais comment l'homme a-t-il imaginé d'aller chercher , dans le boyau du bœuf , cette pellicule déliée , sans laquelle il ne fût jamais parvenu à amincir si bien l'or , pour orner à moins de frais les lambris de nos appartemens ? La baudruche étoit-elle connue avant qu'on l'employât à cet usage , ou cette précieuse découverte est-elle le fruit du génie de l'artiste qui cherchoit à perfectionner son art ?

L'histoire des inventions de l'esprit humain n'en dit rien. Tout ce que je puis assurer, c'est que les Romains ne se servoient point de ce moyen. Aussi l'art de battre l'or n'étoit point, à beaucoup près, si perfectionné chez eux. Malgré cela, cependant, le luxe avoit fait assez de progrès dans cette capitale de l'Empire, pour que de simples particuliers fissent dorer, à grands frais, les plafonds & les murs de leurs appartemens. La ruine de Carthage avoit introduit dans Rome ce luxe inconnu jusqu'alors & le premier essai en fut fait sur les murs du capitolé : ils furent dorés sous le consulat de *Lucius Mummius*.

Gardons-nous, cependant, de faire

à ces vainqueurs du Monde un reproche que nous méritons plus qu'eux, & bornons-nous à admirer ici la multitude étonnante des parties qu'on peut tirer d'une once d'or, lorsqu'elle est aussi prodigieusement étendue. Le nombre en sera encore plus grand dans le procédé que nous allons indiquer.

Quel travail que celui-ci ! quelles peines on prend , dans l'atelier du tireur d'or , pour alonger un cylindre d'argent doré de vingt-deux pouces de longueur , au point de pouvoir être filé sur la soie & d'être ensuite travaillé à l'aiguille pour enrichir nos parures ! mais ne considérons ce travail que relativement à notre objet. Qui pourra déterminer le nombre de parties qu'on trouveroit dans une

once d'or ainsi préparée & recouvrant un fil de soie de plus de cent lieues de longueur, si on le divisoit en autant de parties qu'il est susceptible d'être divisé.

Peut-être aurions-nous une preuve plus frappante encore de cette prodigieuse divisibilité de la matière ; s'il étoit possible de calculer l'extrême ténuité des molécules colorantes, appliquées sur la soie qui fait le tissu de nos étoffes. Il ne faut souvent, que quelques grains de matière dissoute avec art & noyée ensuite dans une large quantité d'eau , pour produire une nouvelle nuance , engendrer une nouvelle couleur , une couleur de fantaisie ; & grace à la plus petite quantité possible

de fécule colorante , voilà une nouvelle étoffe qui paroît , & qui va mettre en mouvement toutes les femmes avides de nouveautés , voilà..... Mais loin de nous toute observation qui pourroit n'être pas généralement goûtée. Pour toutes choses au monde, nous ne voudrions blesser la délicatesse de qui que ce soit. Nous observerons donc seulement , qu'en mettant à profit la ductilité d'un corps colorant , on parvient à le diviser en un nombre inconcevable de parties , & nous ajouterons , qu'en parcourant les ateliers élevés & soutenus sur l'inconstance de nos goûts & de nos caprices , nous trouverions bien d'autres témoignages

de la vérité que nous nous proposons d'établir.

Mais pourquoi chercher si loin des preuves que la nature nous offre si abondamment, & nous met continuellement sous les yeux dans la production des êtres insensibles, l'une de ses plus belles merveilles ! preuves bien préférables aux autres, en ce qu'elles élèvent notre ame jusqu'à l'Auteur de ces merveilles, & nous invitent à admirer sa puissance & sa fécondité.

Quelle est admirable en effet, cette puissance dans la production de ces animalcules, ces petits êtres organisés qui échappent à la foiblesse de notre vue, & que nous ne pouvons saisir qu'à l'aide d'un microsc-

cope ! Qui pourra comprendre leur organisation intime , l'extrême ténuité de leurs parties , mais sur-tout la subtilité des molécules de la lymphe ou des liqueurs qui circulent dans leurs vaisseaux , lorsqu'il saura que la totalité de leur masse n'excède point la vingt-sept millionème partie de la grosseur d'une mitte ?

S'il s'élevoit quelque doute sur cette assertion , je répondrois que c'est le résultat d'une observation faite par M. de Malezieu , en présence de Madame la duchesse du Maine qui honoroit ce savant mathématicien de ses bontés , & qui cultivoit elle-même les sciences naturelles avec un succès peu commun. J'en appellerois encore au témoignage du fameux

*Lewenhoeck*, & de toute la société royale de Londres, à laquelle ce célèbre naturaliste fit observer des animaux cent millions de fois plus petits qu'un grain de sable; & si je voulois un témoignage plus rapproché de nos jours, je citerois celui de l'abbé *Spallanzani* qui annonce dans ses *Opuscules de physique animale & végétale*, traduits par M. *Senebier*, des animaux aussi inconcevablement petits. L'*animalcule*, dit-il, est vingt-sept millions de fois plus petit qu'un ciron; & mille millions de ces animalcules n'égaleront point en grosseur un grain de millet. Mais pour trancher court à toute dispute, j'en appellerois au propre témoignage de ceux qui oseroient contester cette



vérité, & je leur dirois : laissez macérer pendant quelques jours différentes plantes dans de l'eau ordinaire; exposez quelques gouttes de ces infusions sous la lentille d'un microscope, observez & dites-nous ensuite si nous exagérons la petitesse des animaux qu'on y découvre.

L'esprit s'égare dans ces sortes de spéculations ; elles confondent toute la sagesse philosophique, & l'homme est condamné à un silence respectueux en leur présence ; ou s'il peut encore élever sa voix, ce n'est que pour chanter les louanges de l'Auteur de la Nature, & publier la grandeur de sa puissance.

Je n'ajouterai rien aux preuves que je viens de donner de la prodigieuse divisibilité de la matière,

j'observerai seulement que parmi les différens moyens dont nous nous servons habituellement pour la diviser , il en est un qui nous met sous les yeux une autre de ses propriétés. Lorsqu'on voit , en effet , la plupart des corps se décomposer & se diviser dans différens liquides , qui les pénètrent , comme l'eau pènètre & divise les sels , peut - on douter qu'ils soient poreux , je veux dire , qu'il se trouve entre leurs parties de petits espaces vuides de la matière qui entre dans leur composition ? Reste à savoir maintenant si cette porosité est une propriété générale de la matière , & c'est ce que nous allons examiner.

## TROISIÈME SECTION.

*De la porosité des corps.*

L'expérience ou l'observation sont les seuls moyens de constater la porosité des corps. Il semble donc qu'il faudroit les soumettre tous à l'une ou à l'autre de ces épreuves, pour résoudre la question que nous traitons ici, savoir si tous les corps sont poreux. Bien que possible, cet examen seroit capable de rebuter la patience la plus exercée, mais à sa place, voici le moyen que je propose : choisir les corps les plus denses, les plus compactes, ceux qu'on soupçonneroit le moins d'être poreux; mettre leur porosité en évidence, & en conclure

à plus forte raison que cette propriété appartient à tous les autres corps.

Dans le règne minéral , celui des trois règnes de la nature qui renferme les corps les plus denses , le diamant se présente le premier sous ma plume & c'est le sujet le plus précieux que je puisse offrir à nos lecteurs. Or, quelque compacte qu'il soit, sa transparence & les feux admirables qu'il réfléchit me prouvent qu'il livre un libre accès à la matière de la lumière & qu'elle le pénètre en toutes sortes de sens. La matière ignée ne le pénètre pas moins facilement. Elle fait plus : elle le volatilise & le détruit entièrement. J'en trouve la preuve dans une superbe expérience faite par M. Darcet , pro-

feffeur de chimie au collège royal de Paris, & répétée ensuite, de différentes manières, en 1771 & 1772, par les plus célèbres chymistes de la capitale. Je ne parlerai que de celle de M. *Darcet*; les autres, je les ai consignées dans mon Dictionnaire de Physique.

M. *Darcet* donc ayant entrepris de soumettre différentes substances à l'action d'un feu violent, celui qu'on entretient dans les fours à porcelaine, se proposa de répéter une expérience faite avec succès, dans le siècle précédent, par les ordres de *Cosme III*, grand-duc de Toscane, expérience oubliée depuis près d'un siècle, & qui cependant méritoit la plus grande attention de la part des

chimistes, & intéressoit particulièrement le commerce de la joaillerie.

Pour cela , il mit plusieurs diamans dans des creufets de porcelaine , & il en renferma d'autres dans des boules faites de la même pâte. Tous furent ensuite soumis à l'épreuve du feu , dont nous venons de parler , & tous en furent tellement pénétrés , qu'ils se volatilisèrent , même à travers les boules de porcelaine , & finirent par disparaître entièrement : ils étoient donc poreux. Or , si le diamant est poreux , comment les autres corps moins denses & moins compactes ne le feroient-ils pas ?

Les métaux , & rien en cela qui puisse nous surprendre , puisqu'ils sont moins denses que les pierres pré-

cieuses; les métaux, dis-je, à la faveur des pores dont ils sont remplis, se laissent également pénétrer par le feu, il brise l'agrégation de leurs parties, les sépare les unes des autres, & alors ces métaux, de solides qu'ils étoient, passent à l'état d'une parfaite liquidité; mais ce qui paroîtra plus surprenant, & ce qui prouvera en même temps sa porosité, c'est de voir une composition métallique se fondre dans de l'eau bouillante. On doit cette découverte singulière aux recherches d'un grand homme, à M. Margraf, qui se délassoit ainsi des travaux plus sérieux auxquels il se livroit habituellement. Nous la consignons ici, parce qu'elle nous

paroît propre à occuper agréablement les loifirs de nos lecteurs.

Je mets dans un creufet deux onces de bismuth, une once de plomb, & une once d'étain, que je fais fondre enfemble dans un fourneau ; lorsque le tout est bien coulant, je verse cette matière liquide dans des moules de plâtre qui portent une double empreinte, & je forme par ce moyen des médailles de cette composition. J'attache un fil à chacune d'elles, pour les plonger commodément dans de l'eau que je fais bouillir, & pour rendre l'expérience plus fenfible & plus agréable, je me fers d'une cafetière de criftal que je pofe fur un fourneau de charbons allumés, & en peu de momens,



je vois le métal se fondre & se rassembler sur le fond de la cafetière , en forme de culot. Ce culot est si malléable , qu'on peut l'étendre sous le marteau , le percer , y attacher un fil , & recommencer l'expérience.

Egalement attaquables par les dissolvans qui leur conviennent , & qui les pénètrent , les métaux se dissolvent & s'unissent intimement à eux. L'or & la platine se dissolvent dans l'eau régale , les autres métaux dans l'eau forte , & ces dissolutions , qui prouvent la porosité des substances métalliques , sont accompagnées de phénomènes plus extraordinaires les uns que les autres ; mais ces phénomènes sont du ressort de la chimie , dont nous respectons les

droits. Nous ne les expliquerons donc pas ; mais nous indiquerons à nos lecteurs les moyens de se procurer le plaisir de les produire & de les admirer.

\* Faites dissoudre du cuivre rouge dans une quantité convenable d'eau forte, il en résultera une liqueur fortement colorée en verd. Plongez dans cette liqueur l'anneau d'une clef, la lame d'un couteau, ou tout autre morceau de fer quelconque, & après l'espace de quelques secondes vous l'en retirerez tellement couvert de cuivre, dans toute la partie qui aura été plongée, qu'elle paroîtra convertie en cuivre.

Gardez-vous de croire qu'il se soit fait ici aucune transmutation; ce n'est

qu'une simple précipitation ; ce sont les parties du cuivre dissous , qui se sont appliquées sur le fer à mesure que l'eau forte a mordu sur ce dernier métal , & les chimistes vous apprendront que ce phénomène tient à la classe des affinités , dont ils vous donneront la théorie.

Voudriez - vous un phénomène du même genre , & plus curieux encore ? mettez au fond d'un verre , gros comme une lentille d'un amalgame fait avec de l'argent en feuilles & du mercure. Versez ensuite par dessus une once ou deux d'acide nitreux , dans lequel on aura fait dissoudre de l'argent & du mercure , & qu'on aura ensuite étendu dans une suffisante quantité d'eau distillée , & laissez le verre

en repos sur une table , bientôt vous verrez le petit bouton d'amalgame se hériffer de petits filets d'argent très-brillans ; de nouveaux filets s'uniront à ces premiers , & dans l'espace d'environ un quart-d'heure , vous verrez un petit buisson d'argent fort touffu , de 15 à 18 lignes de hauteur ; c'est ce qu'on appelle en chimie *l'arbre de Diane* , & tous les chimistes vous fourniront les drogues nécessaires à cette expérience.

Ces phénomènes , & plusieurs autres que nous passons sous silence , sont autant de dissolutions métalliques par les acides , & elles prouvent la porosité des métaux. Ceux-ci & les pierres précieuses , dont nous  
avons

avons parlé précédemment, sont donc poreux. D'où nous devons conclure que tous les corps, à quelque règne qu'ils appartiennent, le sont aussi, & jamais analogie ne fut plus certaine, puisque les substances tirées du règne minéral sont celles qui le paroissent le moins.

Parlerai-je en effet des substances animales? leur pores se distinguent facilement à l'œil. On compteroit ceux des os les plus durs & dont les fibres sont les plus ferrées. A plus forte raison les autres parties des animaux sont-elles poreuses; & c'est parce qu'elles le sont toutes, que toutes transpirent à leur manière. Considérez, par exemple, ce qui arrive à la partie laiteuse d'un

œuf : elle s'évapore & se dissipe en peu de jours , évaporation qui nuit à la qualité de l'œuf , mais à laquelle on peut s'opposer facilement , en bouchant exactement les pores qui donnent issue à cette matière.

Or , comment les boucher ? avec de petites chevilles qu'on introduira dedans : c'est une plaisanterie , nous dira-t-on ; point du tout ; c'est un moyen très-simple , très-praticable , un moyen qui peut occuper agréablement les loisirs d'une dame à la campagne , & qui lui procurera la satisfaction de conserver des œufs frais aussi long - temps qu'elle le jugera à propos , ou au moins pendant l'espace de plus d'une année ; & le voici ce moyen :

Enduisez toute la coquille de l'œuf d'une couche légère de gomme arabique fondue dans de l'eau-de-vie, & en assez grande quantité pour que la liqueur acquerre la consistance d'un sirop un peu épais. Ce mucilage s'introduira & se moulera, pour ainsi dire, dans les pores de l'œuf; bientôt la partie liquide s'évaporant, la gomme se durcira, & chaque trou fera chevillé. L'œuf ainsi préparé, sa partie laiteuse ne pourra s'évaporer & il restera dans l'état dans lequel on l'aura pris.

Je ne dirai rien des substances végétales; leurs pores s'autent aux yeux les moins attentifs. J'observerai seulement que ces substances étant artilement préparées, coupées par

tranches extrêmement minces, placées entre deux lames de verre, & ensuite exposées sous la lentille d'un microscope, leur pores agrandis, par la force ampliative de cet instrument, offrent à l'œil de l'observateur le spectacle le plus varié & le plus admirable. On est étonné de la magnificence de la nature dans la structure d'une multitude d'objets que nous foulons habituellement aux pieds.

Bien que je regarde comme inutile d'administrer des preuves de la porosité des substances végétales, je veux cependant en indiquer une qui mérite de trouver ici sa place, moins comme preuve de la porosité de ces sortes de substances ;



qu'à raison d'une application assez curieuse qu'on peut faire de l'expérience dont je veux parler , & c'est par cette application que je commence : elle exige quelques liqueurs particulières que tout apothicaire peut fournir.

La première de ces liqueurs est celle avec laquelle on écrit ce qu'on a dessein de dérober aux yeux des curieux ; c'est une simple solution de sel de saturne dans de l'eau ordinaire ; pour s'en fervir il faut employer une plume qui n'ait point été trempée dans l'encre ; tant que le papier sur lequel on a écrit est humide , l'écriture paroît assez sensiblement , mais dès que l'humidité s'est évaporée , il ne reste plus que

le fel de faturne dont la blancheur se confond avec celle du papier, & l'écriture ne paroît plus.

Alors on écrit de nouveau sur les lignes déjà tracées ce qu'on veut bien exposer aux yeux de tout le monde, non avec de l'encre ordinaire, mais avec de l'eau légèrement gommée & dans laquelle on a éteint, à plusieurs reprises, un bouchon de liége allumé à la flamme d'une bougie, jusqu'à ce que l'eau gommée soit suffisamment noircie.

Alors on aura un papier écrit que tout le monde pourra lire, sans compromettre le secret de la personne intéressée; mais pour le découvrir ce secret, on se servira d'une liqueur très-claire & très-limpide,

qui ne fera encore que de l'eau , dans laquelle on aura fait éteindre de la chaux vive & à laquelle on aura ajouté une certaine dose d'orpiment : veut-on connoître la proportion de ces drogues ? on mettra dans une chopine d'eau quatre onces de chaux & deux onces d'orpiment rouge. Cette liqueur , à la vérité , répand une très-mauvaise odeur , mais , si je devine bien , il s'en trouvera plusieurs qui feront volontiers à leurs yeux le sacrifice de leur nez , dès qu'il s'agira de dérober un secret impénétrable sans cela.

On trempera donc une éponge dans cette liqueur , & on frotera le papier écrit avec cette éponge. Alors

toute l'écriture , qui étoit visible , s'effacera & disparaîtra ; la première , qui étoit invisible , se colorera en noir , & deviendra lisible.

Difons maintenant un mot de l'ufage qu'on fait en physique de la première & de la dernière de ces liqueurs , à deffein de prouver la porofité des fubftances végétales. L'expérience eft on ne peut plus fimple , mais plus curieufe que néceffaire au but qu'on fe propofe en la faifant ; elle prouve ce que perfonne n'ignore , que les feuillets d'un livre font poreux , & voici comme on procède.

On trace quelques caractères , ou quelque deffein fur un papier , avec de la diffolution de fel de faturne

on laisse sécher le papier , & ce qui est tracé disparoit.

Alors on met ce papier entre les premiers feuillets d'un livre , puis on verse quelques gouttes de la liqueur , faite avec la chaux & l'orpiment , sur les derniers feuillets de ce livre ; on y étend cette liqueur avec une éponge , ou tout autre chose équivalant ; on ferme le livre , on le met en presse , & pour cela il suffit de s'asseoir dessus.

Comme très - évaporable , cette dernière liqueur pénètre à travers l'épaisseur du livre , & celles de ses parties qui rencontrent les caractères formés avec le sel de saturne , les colorent plus ou moins , & les rendent sensibles dans l'espace de

quelques minutes, & on en conclut que le papier, qui est une substance appartenante au règne végétal, est poreux. La conclusion est juste; mais, comme je le disois dans le moment, elle ne nous apprend rien de nouveau; c'est donc aux premières expériences que je m'en tiens; elles me prouvent que tous les corps sont poreux. Examinons maintenant s'ils sont tous compressibles.

#### QUATRIÈME SECTION.

##### *De la compressibilité des Corps.*

A raison de leur porosité, les parties solides des corps ne se touchent que par quelques points, &

font comme isolées par rapport aux autres : or, ces parties étant plus ou moins séparées, suivant les dimensions des pores interposés, la grandeur apparente des corps, ou leur volume, excède toujours celui qui appartient réellement à la matière dont ils sont composés, & comme cet excès de volume varie presque individuellement, je veux dire dans presque tous les individus de la même espèce, il en résulte des différences plus ou moins sensibles dans la densité des corps.

J'appelle *densité* dans un corps, la quantité de matière propre qu'il contient sous un volume déterminé, & je dis qu'il est d'autant plus dense qu'il contient plus de matière, ou

qu'il pèse davantage sous ce volume : L'or , par exemple , est le plus dense des métaux , puisqu'il pèse plus qu'aucun d'eux sous les mêmes dimensions , ou sous le même volume.

Cette qualité, qui appartient essentiellement à tous les corps, n'est point une qualité absolue dans aucun d'eux : elle varie en plus & en moins, suivant nombre de circonstances dans le détail desquelles nous ne descendrons point. Nous observerons seulement qu'un corps devient plus dense , lorsque ses parties se rassemblent sous un plus petit volume, & moins dense, lorsqu'elles s'écartent davantage les unes des autres. Le froid & la chaleur produisent



produisent ces deux effets : pendant l'hiver , le volume des corps diminue , leurs parties se resserrent , se rapprochent & leur densité augmente ; le contraire arrive pendant l'été , leurs parties s'écartent , leur volume augmente & leur densité diminue. Ces deux effets dépendent de la présence , ou de l'absence de la matière ignée ; présente , elle les pénètre plus ou moins abondamment , elle agit sur leur texture intime ; elle tend à écarter & elle écarte effectivement leurs parties. C'est ainsi que différentes substances se tuméfient & augmentent de volume sur le feu , tandis que la plupart d'entre elles perdent une partie de leur matière propre , qui se

volatilise ; mais elles reprennent leur premier volume lorsqu'elles se refroidissent , en supposant qu'elles n'aient rien perdu de leur matière propre.

Une force extérieure , ou extérieurement appliquée aux corps , peut aussi produire l'un de ces effets , resserrer leurs parties , diminuer leur volume & augmenter leur densité : cette force se nomme *force compressive* , & son effet , *compression*. C'est ainsi que , serrée entre les mains , la neige & quantité d'autres corps se pelottent & se compriment ; mais tous les corps sont-ils susceptibles de céder à l'action d'une semblable force ? sont-ils tous compressibles , & la compressibilité

est-elle une des propriétés générales de la matière ? c'est l'état de la question.

Je ne connois aucun solide qui puisse résister invinciblement à sa compression, en supposant que la force employée à cet effet soit suffisante, & cela, parce qu'il n'existe dans la nature aucun corps qui soit parfaitement dur. La dureté n'est effectivement, de l'aveu de tous les Physiciens, qu'une qualité relative : on n'en juge que par comparaison & le corps qui paroît le plus dur, le plus solide, le plus compacte, n'étant point absolument dépourvu de pores, il est constant que ses parties peuvent se rapprocher & conséquemment qu'il est

compressible. Jusque-là point de difficulté, & tous les Physiciens sont d'accord entre eux.

Ils ne le sont point également sur le compte des liquides : plusieurs prétendent que l'eau, par exemple, est incompressible, au moins tant qu'elle demeure dans son état de liquidité : car dès qu'elle devient solide, qu'elle se congèle, ils conviennent qu'elle est compressible. Un morceau de glace, en effet, est susceptible d'être comprimé & réduit à un moindre volume; mais quelles preuves apportet-on de l'imcompressibilité de cette même glace, lorsqu'elle s'est liquéfiée & réduite en eau ? il s'en faut de beaucoup que ces preuves soient

concluantes , & le raisonnement le plus simple suffit pour en faire sentir la fausseté.

Et d'abord on nous oppose l'expérience faite par les Membres de l'Académie *del Cimento*, qui ne purent , dit-on , comprimer de l'eau , dont ils avoient exactement rempli une sphère de métal ; mais pourquoi , je le demande , ne purent-ils la comprimer ? parce qu'à mesure qu'ils déformèrent cette sphère en la frappant avec des marteaux , l'eau , au lieu de diminuer de volume , à proportion que la capacité du globe diminuoit , se filtra & suinta par ses pores , & de là on conclut que l'eau est incompressible : or , cette expérience est fort éloignée

de présenter cette conclusion : elle prouve seulement que la force compressive dont on fit usage ne fut point capable de comprimer l'eau, puisqu'elle s'échappa à travers les pores de la sphère, avant de céder à la force qui tendoit à la comprimer. Qu'on me donne une sphère de matière non poreuse, s'il s'en trouvoit dans la nature, & qu'après l'avoir exactement remplie d'eau, on me fasse voir que quelque force qu'on emploie pour la déformer, on ne peut y parvenir, & alors je croirai, non que l'eau est incompressible, mais que nous n'avons à notre disposition aucune force qui puisse la comprimer.

Je dirai la même chose d'une

autre expérience , qui nous montre qu'une petite colonne d'eau renfermée dans la courte branche d'un syphon , hermétiquement soudé vers le haut , ne se comprime aucunement , quoiqu'on la charge d'une colonne de mercure de près de sept pieds de hauteur , & qui triple sur elle le poids de l'atmosphère. Je dirai que quelque grande que soit cette force , elle n'est point suffisante pour la comprimer , & c'est l'opinion de l'Abbé *Nollet* , excellent juge en cette matière.

Tout nous porte à croire , dit-il , que les liqueurs céderoient enfin d'une manière sensible , s'il étoit possible de les soumettre à de plus grandes pressions. Et sur quoi , nous

demandera-t-on, sans doute, appuie-t-il cette assertion? le voici : tous les corps solides se compriment, parce qu'étant poreux, leurs parties peuvent se rapprocher; mais qu'est-ce qu'une liqueur, sinon un assemblage de petits corps solides que nous ne pouvons pas regarder comme des êtres simples, mais plutôt comme de petites masses composées de parties qui ne sont pas si étroitement unies, qu'elles ne laissent de petits vuides entre elles. Si donc la porosité rend les grands corps susceptibles de compression, la même cause ne doit-elle pas avoir le même effet dans les plus petits? tout ce qu'on peut dire, ajoute-t-il, c'est que la compressibilité doit diminuer, comme



la grandeur des corps, c'est-à-dire, que les plus petits sont les moins compressibles, & conséquemment les parties d'une liqueur, à raison de leur extrême petitesse, sont à l'épreuve des plus grandes forces.

On ne peut raisonner plus sagement sur ce sujet, & la réflexion que fait ensuite ce célèbre Physicien n'est ni moins sage, ni moins importante. Il est avantageux pour nous, dit-il, que tout ce qui est liquide puisse résister à des pressions qui rapprochent les parties des autres corps & les broient. Tout ce que nous tirons des végétaux par expression, le vin, le cidre, les huiles, &c. ne se sépareroient jamais des parties solides

qui les renferment, si les liquides pouvoient se comprimer comme elles. Les fruits, soumis à la presse, ne feroient qu'y changer de volume.

Bien cependant que tous les corps soient compressibles, ils ne le sont que jusqu'à un certain point, au-delà duquel il n'est plus possible de les comprimer; c'est ce qui doit nécessairement arriver lorsque leurs parties se touchent par tous leurs points, & cela, parce que tous les corps sont impénétrables, ou que l'impénétrabilité est une des propriétés générales de la matière, comme nous allons le démontrer.

## CINQUIÈME SECTION.

*De l'impénétrabilité des Corps.*

J'appelle *impénétrabilité* dans les corps cette résistance qu'ils opposent à leur déplacement, & qui fait qu'un corps, occupant un espace, exclut de ce même espace tout autre corps qui voudroit s'en emparer. On ne doute nullement que cette propriété n'appartienne aux solides, & on conçoit facilement qu'un corps de cette espèce ne pourra se loger dans un espace occupé par un autre de même espèce, tant que celui-ci demeurera dans cet espace. C'est une vérité constante, mais

quelque constante qu'elle soit, elle ne paroît point aussi frappante lorsqu'un espace, une capacité quelconque n'est remplie que par un fluide, & sur-tout par un fluide invisible, tel que l'air.

Une bouteille, par exemple, est remplie d'air, & cependant on la remplit encore facilement d'eau, ou de toute autre liqueur, sans éprouver une résistance sensible. L'air se laisseroit-il donc pénétrer? point du tout: à mesure que la liqueur s'insinue dans la bouteille, l'air s'en échappe & lui abandonne la place; de sorte qu'il ne reste plus d'air dans cette bouteille, au moment où elle est entièrement remplie d'une autre liqueur.

Ceux qui ne saisisent que ce qui tombe sous leurs sens, pourront très-bien comprendre cette vérité; mais comprendront-ils aussi facilement la conclusion qui s'ensuit? Comprendront-ils que l'air est impénétrable & que, s'il ne trouvoit une issue qui lui permit de s'échapper de la bouteille, on ne pourroit y introduire toute autre espèce de liqueur, quelconque? il faut donc leur mettre sous les yeux cette vérité, qui n'est pas moins constante que la précédente.

Introduis dans le goulot d'un flacon un entonnoir dont la queue s'adapte exactement à cette ouverture, & de façon qu'elle ne laisse autour d'elle aucune issue à l'air

dont le flacon est rempli. Pour sceller plus exactement cette issue, j'entoure de cire molle la queue de l'entonnoir & le bord du flacon. Cela fait, je remplis d'eau l'entonnoir, & je vois que malgré tout l'effort de son poids, qui la porte à se précipiter dans le flacon, elle demeure constamment dans l'entonnoir, parce que l'air, qui remplit le vaisseau, est impénétrable & ne peut s'en échapper pour lui céder la place.

De là je conclus que pour remplir facilement un flacon de toilette, par exemple, d'une liqueur odorante quelconque, il faut se servir d'un entonnoir dont la queue soit assez mince pour laisser, entre elle & le

goulot du flacon , un petit espace circulaire par ou l'air puisse s'échapper librement.

Dans les cours de Physique expérimentale que je faisois à Paris , j'avois coutume de démontrer cette vérité par une expérience qu'on revoyoit toujours avec plaisir. Je remplissois presque entièrement d'eau un grand vaisseau de cristal fort profond ; je posois sur la surface de l'eau un morceau de liège sur lequel j'avois attaché un petit morceau de bougie que j'allumois ; le tout surnageoit l'eau & restoit en cet état jusqu'à ce que je couvrissse le liège & la bougie d'un vaisseau cylindrique de cristal fermé par le haut , & que je fisse descendre ce vaisseau

à travers la masse d'eau ; alors on voyoit le liège & la bougie descendre , sans s'éteindre , jusqu'au fond du grand vaisseau , & y demeurer allumée pendant un temps assez considérable ; à la fin cependant elle s'y éteignoit,

Je tirois deux conclusions de cette expérience. La première , que l'air est impénétrable , puisque , renfermé sous le vaisseau cylindrique que je plongeois dans la masse d'eau , il s'opposoit invinciblement à ce que la colonne , qui répondoit à l'ouverture de ce vaisseau , s'y introduisît , quelque effort que fissent les colonnes collatérales du même liquide pour l'y élever & lui faire prendre une hauteur égale à la leur , selon les



loix de l'hydrostatique que j'exposerai dans une autre circonstance.

La seconde, qu'une lumière renfermée dans un espace où l'air ne se renouvelle pas, corrompt ou vicié cette masse d'air, au point de la rendre dangereuse à celui qui la respireroit. Dès en effet qu'une lumière cesse de brûler & s'éteint dans une masse d'air donnée, c'est la preuve la plus certaine que cet air est méphitique & ne peut-être respiré impunément : or c'est ce qui arrive lorsqu'on retient pendant un certain temps la lumière renfermée sous le vaisseau cylindrique dont il est ici question.

Gardons-nous donc de demeurer trop long-temps dans des endroits

où l'air ne circule point librement , & qui sont éclairés de plusieurs lumières. Il s'y vicie insensiblement , & s'il n'est pas détérioré au point de suffoquer ceux qui le respirent , il l'est assez pour les incommoder plus ou moins. C'est ce que les personnes délicates éprouvent assez fréquemment lorsqu'elles demeurent renfermées trop long-temps dans des salles de spectacles, bien fermées, & grandement éclairées ; leur respiration devient moins libre , bientôt elles ressentent un certain mal-aîse qui ne cesse qu'au moment où elles sont à portée de respirer un air libre & pur.

Ces accidens se font plus particulièrement remarquer dans les loges

supérieures , & cela , parce que la masse d'air se corrompt plus promptement vers le haut de la salle. En veut-on la preuve ? l'expérience suivante ne laisse aucune incertitude à cet égard.

Mettez deux bougies allumées dans un vaisseau en partie rempli d'eau ; que l'une de ces bougies excède à peine la surface de l'eau , tandis que l'autre s'élèvera de beaucoup au-dessus ; plus elle s'y élèvera & plus l'expérience sera sensible. Couvrez ces deux bougies d'un vaisseau de cristal assez long pour les renfermer & pour être en même-temps plongé de quelques lignes dans la masse d'eau , afin d'intercepter toute communication entre

l'air extérieur & celui du vaisseau ; bientôt vous verrez les deux lumières devenir languissantes , moins cependant celle du bas que celle du haut , & celle-ci sera éteinte , tandis que l'autre continuera à brûler encore quelque temps , ce qui prouve que la partie supérieure de la masse d'air se vicie plus promptement.

Mais comment une lumière , qui brûle dans une masse d'air qui ne se renouvelle point , la corrompt-elle ainsi ? pour répondre parfaitement à cette question , il faudroit connoître la nature de l'air atmosphérique , savoir qu'il est composé d'une portion salubre , la seule qui soit propre à l'entretien de la lumière , & que le reste de sa masse est un fluide hétérogène ,

composé lui-même de différens fluides plus ou moins dangereux à respirer. Or, une lumière qui brûle dans une masse d'air atmosphérique qui ne se renouvelle point, la décompose, & consomme progressivement la portion salubre de cette masse. On ne doit donc pas être étonné qu'elle se vicie à proportion du temps pendant lequel la lumière y demeure plongée. Il feroit donc important au bien de la société, que l'air pût se renouveler facilement dans les salles de spectacles, & pour cela il faudroit, outre les ouvertures qu'on y ménage, qu'on y établit des ventilateurs; mais cet objet est étranger à l'état de la question; revenons à l'impénétrabilité des corps.

De ce que l'air est impénétrable ; comme nous venons de le démontrer , nous nous croyons en droit de conclure que tous les corps le sont , & que l'impénétrabilité est une des propriétés générales de la matière.

Cependant , à juger des choses d'après la première idée qu'elles présentent , combien de corps nous paroîtront pénétrables : mais aussi , pour peu que nous réfléchissions sur les phénomènes qui semblent nous présenter cette idée , nous en reconnoîtrons facilement la fausseté , & nous apprendrons que la raison , ce don précieux de la Nature , doit rectifier les jugemens erronés que les impressions des sens ne disent que trop souvent.

Je prends un morceau de sucre ,  
je le pose légèrement sur la surface  
de mon café , en peu de momens  
je vois toute sa masse imbibée de  
café , & je dis que cette liqueur a  
pénétré mon sucre ; je le dis , &  
je me trompe : ce n'est point le sucre ,  
à proprement parler , qui est pénétré  
de café ; ce sont les espaces vuides  
de la matière propre du sucre dans  
lesquels cette liqueur s'est insinuée ,  
& toute la masse du sucre en est  
teinte , parce que l'étendue de ces  
espaces ou de ces pores est plus con-  
sidérable que celle des parties propres  
du sucre. Il ne se fait donc ici qu'une  
pénétration apparente , & non une  
véritable pénétration. Cet exemple ,  
& plusieurs autres semblables n'at-

taquent donc en rien l'affertion que nous venons d'établir , & il n'en reste pas moins constant que l'im-pénétrabilité est une des propriétés générales de la matière. Nous n'insisterons pas davantage sur cette propriété , & nous ne parlerons des autres qu'à mesure que l'occasion s'en présentera. Un objet plus important nous appelle , & va faire la matière du Chapitre suivant.



## CHAPITRE



## CHAPITRE TROISIÈME.

*Du Mouvement.*

Qu'est-ce que le mouvement ? Pour répondre à cette question avec toute la bonne foi qu'on doit attendre de nous , & dont nous nous ferons toujours gloire , nous conviendrons que nous n'avons point une idée exacte & précise de ce mode ; car le mouvement est un mode , une manière d'être , & non une propriété de la matière ; nous dirons que nous jugeons un corps en mouvement lorsque nous le voyons passer d'un lieu dans un autre , état tout-à-fait opposé à celui du repos,

qui le retient constamment à la même place ; mais nous dirons en même temps qu'en regardant , avec tous les Physiciens , le mouvement comme le transport d'un corps qui change de place , nous en avons une idée suffisante pour nous instruire de tout ce qui peut avoir rapport à cette importante modification de la matière.

Nous nous en tiendrons donc à cette définition , & nous ajouterons qu'on distingue , en Physique , différentes espèces de mouvemens , & quoique ces différentes espèces paroissent également bien indiquées , nous n'admettrons que les deux suivantes , parce qu'elles embrassent toutes les autres. Nous distinguerons

le mouvement en *simple* & en *composé*. Le premier renferme tout mouvement produit par l'action d'une seule puissance, ou par l'action réunie de plusieurs, qui tendent à mouvoir le corps vers un même point. Le second comprend tout mouvement qui résulte de l'action combinée de deux ou de plusieurs puissances qui tendent à imprimer, en même temps des directions différentes à un corps, que nous appellerons communément *un mobile*, à le porter vers différens points, non cependant diamétralement opposés entre eux.

De quelque espèce que soit le mouvement d'un corps, la vitesse avec laquelle il se meut, la force qui l'anime dans son mouvement, ainsi

que les loix auxquelles il est assujetti dans ce mouvement, sont les principaux objets qui se présentent à considérer. Nous les considérerons, & nous les développerons le plus succinctement qu'il sera possible dans les trois Sections suivantes.

## PREMIÈRE SECTION.

### *De la Vitesse.*

La vitesse d'un corps, en mouvement s'estime par l'espace qu'il a parcouru, & par le temps qu'il a mis à le parcourir. On jugeroit mal de la vitesse d'un mobile, si on se bornoit à assigner l'espace parcouru, sans indiquer le temps. Ces

deux objets, l'espace & le temps, sont en effet les deux élémens qui composent la vitesse du mobile, & sans être instruit des principes de la Physique, il n'y a personne qui ne sache qu'un corps se meut d'autant plus vite qu'il parcourt plus d'espace dans un temps donné, ou qu'il emploie moins de temps à parcourir le même espace.

La vitesse n'est donc autre chose que le rapport de l'espace au temps, ce qui s'exprime en Physique par cette proposition générale : *La vitesse d'un corps en mouvement est en raison directe de l'espace, & en raison inverse du temps* : ce qui ne signifie autre chose que ce que nous venons de dire d'une manière moins scientifique.

savoir , que la vitesse croît comme l'espace augmente , le temps restant le même , ou à proportion que celui-ci diminue , sans rien changer à l'espace.

On connoîtra donc la vitesse d'un mobile , en divisant l'espace qu'il aura parcouru , par le temps qu'il aura mis à le parcourir. Le quotient de cette division indiquera la vitesse cherchée. Si donc un mobile a parcouru un espace comme 12 , & que pour le parcourir il ait employé trois instans ; en divisant 12 par 3 , le quotient 4 exprimera sa vitesse.

Celle-ci se nomme *vitesse absolue* : il en est une autre d'une espèce différente , également importante à connoître en quantité de circon-

rances ; celle-ci s'appelle *vitesse relative* ; c'est celle avec laquelle deux ou plusieurs corps s'approchent ou s'éloignent les uns des autres : n'en considérons que deux , pour plus grande facilité , & observons que leur vitesse relative varie dans la manière d'être appréciée , selon la diversité des cas qui se présentent.

1°. Il peut se faire que deux corps viennent à la rencontre l'un de l'autre , en se mouvant sur la même ligne. Dans ce cas , leur vitesse relative est égale à la somme de leurs vitesses absolues ; puisqu'ils s'approchent avec toute la vitesse dont ils sont animés l'un & l'autre.

2°. Que se mouvant encore sur la

même ligne , mais dans le même sens , celui qui suit se meut plus vite que celui qui le précède ; dans ce cas , ils ne s'approchent qu'en vertu de l'excès de vitesse de celui qui suit , & conséquemment leur vitesse relative est égale à la différence de leurs vitesses absolues. On la connoîtra donc en retranchant la plus petite de la plus grande de ces deux vitesses.

Ce que nous venons de dire de la vitesse relative de deux corps qui s'approchent , peut s'appliquer facilement à celle avec laquelle ils s'éloigneroient l'un de l'autre ; mais il faudroit procéder autrement s'ils s'approchoient , ou s'ils s'éloignoient en se mouvant sur des lignes diffé-



rentes , & ceci présente une multitude de cas dans le détail desquels nous ne nous permettrons point de descendre ; nous dirons seulement que dans tous ces cas il ne s'agit que de trouver la quantité dont ils se feront approchés ou éloignés , & on aura leur vitesse relative. Passons à une autre question.

## S E C O N D E S E C T I O N .

### *De la force d'un Corps en mouvement.*

Cette force qu'on appelle en Physique *le moment* , ou *la quantité de mouvement* , est égale à la somme des forces partielles distribuées entre

toutes les parties du corps en mouvement. Il ne s'agit donc, pour la connoître, que de connoître la somme des forces partielles, & on la connoitra en multipliant la vitesse du mobile par sa masse.

Cette masse en effet indique le nombre des parties qui constituent le mobile, & la vitesse dont on le voit animé, vitesse qu'on appelle *vitesse commune*, en ce qu'elle est la même dans chacune de ses parties; exprime la force partielle qui réside en chacune d'elles. On aura donc la somme des forces partielles en ajoutant autant de fois à elle-même la vitesse commune qu'il y a de parties dans le mobile; mais cette addition représente le produit

de la vitesse commune par la masse ;  
donc la quantité de mouvement ,  
ou la force d'un corps en mouve-  
ment est égale au produit de sa  
vitesse par sa masse.

Si un corps , en effet , dont la  
masse seroit égale à 4 , se mouvoit  
avec une vitesse comme 3 , sa force  
seroit égale à 12 , produit de 3  
par 4. Dans la supposition donnée ,  
ce corps seroit composé de quatre  
parties , qui auroient chacune trois  
degrés de force : or , trois degrés  
de force répétées quatre fois , font  
la somme de douze , qui est égale  
au produit de 3 par 4 : on aura  
donc la somme des forces partielles  
ou la quantité de mouvement d'un  
corps en mouvement , en multipliant

la vitesse commune par la masse :

D'où il suit , 1°. que la masse restant la même , la force totale , ou la quantité de mouvement augmentera comme la vitesse ; 2°. que la vitesse restant la même , cette force augmentera comme la masse ; 3°. enfin , que cette force sera la même dans deux corps dont les masses seront en raison réciproque de leurs vitesses , je veux dire , dans deux corps dont les masses & les vitesses étant différentes , l'un gagnera en vitesse ce qui lui manquera en masse , & pour rendre cette idée plus sensible , je me fers d'un exemple , & je dis qu'une masse comme 4 , munie d'une vitesse comme 3 , sera en raison réciproque d'une masse comme 3 ,  
animée

animée d'une vitesse comme 4, & que leur quantité de mouvement sera égale de part & d'autre, puisque les produits de 3 par 4, ou de 4 par 3 sont égaux.

### TROISIÈME SECTION.

#### *Des loix du Mouvement.*

Le mouvement étant *simple*, ou *composé*, il est dans l'ordre que les loix soient appropriées à son espèce, & elles le sont aussi. Celles du mouvement simple sont aussi simples que lui ; les voici :

1°. *Tout corps en mouvement doit persévérer dans cet état, suivant la même direction, & avec la même*

G

*vitesse, jusqu'à ce qu'une cause étrangère change sa direction, & altère ou détruisse sa vitesse.* Cette loi est une suite nécessaire de la constitution naturelle des corps, qui sont des êtres passifs & indifférens pour toute espèce de modification quelconque, incapables de s'en procurer aucune, ou de changer celles qu'on leur a données.

2°. *Tout changement opéré dans le mouvement d'un corps, est proportionné à la cause qui le produit.* Cette seconde loi est un axiome, & conséquemment d'éternelle vérité : elle ne dit en effet autre chose que ce que dit cet axiome : *Tout effet est proportionné à sa cause.*

3°. *La réaction est toujours égale*

à l'action. Ce qui signifie qu'un corps est également pressé, ou poussé, par celui qu'il presse ou qu'il pousse. Pour être bien persuadé de la vérité de cette loi, publiée la première fois par M. de *Maupertuis*, il ne faut qu'avoir fait attention à la résistance qu'on éprouve à pousser un corps. Voilà donc trois loix du mouvement simple, toutes aussi simples que lui & toutes aussi faciles à comprendre les unes que les autres. Il n'en faut qu'une pour rendre raison de tous les phénomènes du mouvement composé, mais celle-ci est un peu compliquée, & exige quelque développement.

Pour la présenter d'une manière plus facile à saisir, nous ne sup-

poserons ici que deux puissances égales entre elles, & agissant en même-temps sur le même mobile, selon des directions opposées à angle droit; l'une, par exemple, selon la largeur, l'autre selon la hauteur du feuillet de ce livre. Cela posé, voici la loi à laquelle ce mobile est obligé de se conformer.

*Si deux puissances égales & opposées à angle droit, agissent en même-temps sur un mobile; en vertu de cette double action, il parcourra la diagonale d'un quarré, dont les deux côtés adjacens représenteront la direction & l'intensité de chacune des puissances, & il la parcourra dans le même temps qu'il eût parcouru un*



*seul de ces côtés, si une seule de ces puissances eut agi sur lui.*

Supposons un corps A (*Figure 1.*) sollicité à se mouvoir par l'action simultanée de deux forces égales, représentées par les côtés adjacens A B & A C du quarré A C D B; dans ce cas, il décrira la diagonale A D de ce quarré, & précisément dans le même temps qu'il parcourroit le côté A B, ou A C de ce même quarré, si une seule de ces puissances agissoit sur lui.

Supposons que ce fût la puissance représentée par A C: il est constant qu'en vertu de son indifférence pour toute espèce de mouvement, & de la nécessité qui l'obligeroit à se prêter

à cette puissance, il arriveroit au point C, à la fin d'un instant donné.

Je dis la même chose par rapport à la puissance représentée par A B, si elle agissoit seule sur ce mobile : à la fin d'un instant, tout-à-fait semblable au précédent, il arriveroit au point B ; mais, dans la supposition présente, ces deux puissances agissent en même temps, & sans être tout-à-fait opposées, elles se nuisent, elles s'éminent, en partie, & chacune s'oppose également à ce que le mobile atteigne le but vers lequel l'autre le dirige. Qu'arrivera - t - il donc ici ? le voici :

Egalement indifférent à l'une &

à l'autre de ces deux puissances, il se prêtera également aux deux, & pour cela il composera son mouvement, & prendra une direction moyenne entre les deux directions que ces puissances affectent; il décrira donc la diagonale  $AD$ , & il parviendra au point  $D$ , précisément au même instant auquel il fût parvenu au point  $B$ , ou au point  $C$ , s'il n'eût été soumis qu'à l'action de l'une des puissances indiquées, & c'est la seule voie qu'il ait pu prendre pour satisfaire également à l'une & à l'autre.

Etant en effet arrivé au point  $D$ , il fera éloigné du point  $B$ , où il seroit parvenu en vertu de la force exprimée par  $AB$ , autant que l'exige

la force congénère , représentée par  $A C$  , puisque  $B D$  est égal à  $A C$  ; pareillement il sera éloigné du point  $C$  , de toute la quantité  $D C$  , égale à  $B A$  ,  $A$  représentant la force qui s'oppose à ce qu'il parvienne en  $C$ . Il décrira donc , dans la supposition présente , la diagonale  $A D$  du quarré  $A C D B$  , dont les deux côtés adjacens  $A B$  &  $A C$  , représentent l'intensité & les directions des deux puissances qui l'animent en même temps , & il décrira cette diagonale , précisément dans le même temps qu'il eût parcouru l'un ou l'autre côté de ce quarré , s'il n'eût été sollicité à se mouvoir que par l'une ou l'autre des deux puissances indiquées.

Mais qu'arriveroit-il , si l'une des deux puissances étoit supérieure à l'autre de façon , par exemple , que la puissance représentée par  $AC$  , devînt égale à  $AE$  , tandis que la force exprimée par  $AB$  , demeurerait la même ? Je réponds à cela : qu'il se prêteroit davantage à celle des deux qui auroit plus d'intensité , & qu'il s'y prêteroit à raison de son excès d'intensité , en prenant encore une direction moyenne entre les directions de ces deux puissances.

Ainsi donc , au lieu de parcourir la diagonale  $AD$  du quarré  $ACDB$  , il parcourroit la diagonale  $AF$  du parallélogramme  $AEFB$  , dont les deux côtés  $AE$  &  $AB$  représen-

teroient ces deux puissances, & je n'en veux d'autre preuve que la démonstration précédente appliquée à la nouvelle supposition.

L'expérience confirme on ne peut mieux cette théorie, & sans parler des machines dont on fait usage en Physique pour la confirmer, machines dont j'ai donné la description dans mon Ouvrage intitulé : *Description & usage d'un Cabinet de Physique*, je me borne à en appeler ici à deux faits généralement connus, qui l'appuieront suffisamment, quoique moins rigoureusement cependant.

Je prends un noyau de cerises entre mes doigts, le pouce & l'index ; je le presse fortement ; mon pouce

le dirige à droite , mon index à gauche : le noyau s'échappe , mais il ne va ni à droite ni à gauche , il prend une direction moyenne entre la droite & la gauche , & par une diagonale , qui m'apprend à devenir plus prudent par la suite , il va crever un œil , à celui qui a le malheur de se trouver devant moi.

Je fors du Collège Mazarin dans le dessein d'aller au Louvre , & pour m'épargner la peine de faire un long circuit , j'entre dans un de ces batelets qui attendent les passans sur les bords de la Seine. La rivière est haute , & au lieu de me conduire directement où je veux aller , je vois le batelier qui me fait remonter

la rivière & me conduit auprès du Pont-Neuf : se tromperoit-il ? point du tout : il fait que le courant de la rivière entraîne son bateau vers le Pont-Royal & qu'il n'arriveroit point au but où il veut aller, s'il essayoit de la traverser directement à force de rames.

Il commence donc par la remonter, & l'habitude, plutôt que la théorie, lui a appris de combien il doit la remonter relativement à la force avec laquelle elle coule ; cela fait, il abandonne son batelet au courant de l'eau, & le faisant avancer à la rame, selon la largeur de la rivière, il aborde par une diagonale vis-à-vis de l'un des guichets du Louvre.

Concluons donc, qu'en vertu de



son indifférence passive, tout corps doit se prêter, non-seulement à l'action simultanée de deux puissances, mais encore à celle de toutes les puissances possibles qui se réuniroient & tendroient à le faire mouvoir. Concluons encore, qu'obligé de prendre une direction moyenne entre celles que ces puissances voudroient lui imprimer, son mouvement, ou plutôt sa direction doit varier comme les rapports de ces puissances peuvent varier, & d'après ce principe incontestable en mécanique, il nous sera facile d'expliquer quantité de mouvemens particuliers que nous observons tous les jours, tels que les mouvemens

circulaires , & plusieurs autres selon différentes courbes.

Le mouvement , par exemple , d'une poulie qui tourne sur son axe , celui des planètes , qui font leurs révolutions périodiques dans des *ellipses* , celui d'une orange qu'un homme , courant la poste à franc étrier , jette de bas en haut & qui , par une *parabole* , lui retombe , à quelques pas plus loin , dans la main , tous ces mouvemens & quelques autres , selon différentes courbes dont nous ne ferons point l'énumération , dépendent de ce principe général. Son application cependant à ces différens mouvemens , suppose d'autres connoissances particulières ; elle suppose la connoissance des

*forces centrales*, qu'on distingue en *force centrale centripète*, & en *force centrale centrifuge*.

Quoiqu'il n'entre point dans notre plan d'exposer les théories des mouvemens dans les différentes courbes, théories qui appartiennent à la haute mécanique ou à l'astronomie, nous croyons devoir disposer nos Lecteurs à s'élever jusqu'à ces sublimes connoissances. Pour cela nous leur donnerons une légère idée de la force centripète & de la force centrifuge, l'une & l'autre sont jusqu'à un certain point du ressort de la Physique.



## CHAPITRE QUATRIÈME.

*De la force Centripète.*

Cette force est connue en Physique sous différens noms. On la nomme *gravité*, & plus souvent encore *pesanteur*. Ce sera sous cette dernière dénomination que nous en parlerons dans ce Chapitre.

On entend, par *pesanteur*, une force qui maîtrise un corps, & tend à le porter vers un centre. De là, sans doute, est venu le nom de *force centripète*, force universelle dans la nature, en ce qu'elle s'étend à tout le système planétaire dont le soleil est le centre commun de gravitation.

Toutes les planètes, en effet, sont retenues dans les orbites elliptiques qu'elles décrivent, par une force qui les sollicite vers le centre de cet astre.

Outre ce centre commun, vers lequel elles sont pressées, chacune est le centre particulier de pesanteur de tous les corps qui lui appartiennent. C'est ainsi, par exemple, que les planètes secondaires, qu'on appelle les *satellites* des planètes principales, sont dirigées vers les centres de ces dernières. C'est ainsi, pour ne point sortir de notre propre sphère, que la lune & tous les corps sublunaires, je veux dire, ceux qui sont plongés dans l'atmosphère de la terre, sont continuellement

pouffés vers le centre de ce globe. Nous nous en tiendrons à ceux-ci dans l'exposition que nous allons faire de ce qui concerne la force dont il est ici question.

Tous les corps sublunaires, sans en excepter un seul, sont pesans, ou maîtrisés par la pesanteur. Ainsi, les vapeurs, les brouillards, la fumée, & plusieurs autres espèces de corps, qui s'élèvent, pour ainsi dire, d'eux-mêmes dans l'atmosphère, & qui semblent se soustraire à la force qui dirige les autres vers le centre de la terre, sont eux-mêmes soumis à cette force.

C'est à tort, & on en convient généralement aujourd'hui, que les anciens vouloient faire une classe

à part de ces fortes de corps, c'est à tort qu'ils les regardoient comme légers ; ils n'ont tous qu'une légèreté respective, qui ne les soustrait point à l'action de la pesanteur. J'en trouve la preuve dans une expérience bien connue en Physique. Tous ces corps renfermés sous le récipient de la machine pneumatique, se précipitent sur la platine de cette machine, à mesure qu'on fait le vuide, qu'on évacue l'air du récipient. Ils sont donc tous réellement pesans, ce n'est que par accident, & à raison des différentes circonstances où ils se trouvent, circonstances que nous ferons connoître en traitant de l'*hydrostatique*, qu'ils paroissent légers.

Elle est composée d'une espèce

Mais , qu'est-ce que la machine pneumatique dont nous venons de parler , & dont nous aurons occasion de parler assez fréquemment par la suite ? Cette question vient on ne peut mieux ici , & nous allons y satisfaire , autant bien qu'il est possible , sans emprunter le secours d'une figure , qui fatiguerait l'attention du lecteur.

Cette machine inventée par *Otto de Guericke* , Bourguemestre de *Magdebourg* , est encore connue sous le nom de *Machine de Boyle* , parce que ce fut ce célèbre Physicien Anglois qui lui donna le degré de perfection qui la rend si précieuse aux Physiciens , & qui en fait une véritable machine pneumatique.



de pompe , ou , pour nous faire plus facilement entendre , d'une seringue de métal solidement & verticalement établie dans un châssis de forme triangulaire qui lui sert de pied ; cette seringue est surmontée d'une platine circulaire de même matière , de dix pouces ou environ de diamètre , sur laquelle on étend un morceau de peau fortement imbibée d'eau.

Sur cette peau , on pose les vaisseaux dans lesquels on veut faire le vuide , & ces vaisseaux se nomment des *récipiens* ; ils communiquent avec le corps de pompe par le moyen d'un pilastre de métal , percé selon la longueur de son axe. Ce pilastre qui s'élève du sommet de la pompe ,

traverse l'épaisseur de la platine à laquelle il est exactement fondé. Il excède de quelques lignes sa surface, sous la forme d'une petite rétine, extérieurement taraudée pour recevoir différens vaisseaux qui se montent à vis sur cette rétine.

A la naissance de ce canal, & du côté de la pompe, est adapté un robinet dont la clef est percée de deux trous, l'un qui la traverse de part en part, & sert à établir à volonté la communication entre le corps de pompe & le récipient; l'autre n'est qu'un canal oblique qui règne dans la moitié de la grosseur de la clef, s'ouvre sur un des points de sa surface, & se termine au bout de cette clef. Suivant que celle-ci est tournée,

ce canal ouvre une communication entre le corps de pompe , ou entre le récipient l'air extérieur.

Cela posé , lorsqu'on veut faire le vuide dans un récipient , on tourne la clef de façon que la capacité de ce vaisseau communique avec celle de la pompe , au haut de laquelle le piston doit être monté. On fait descendre ce piston , & une portion de la masse d'air , renfermée sous le récipient , se précipite dans la pompe. Alors on tourne la clef du robinet , de manière que son canal oblique s'ouvre du côté de la pompe , & la communication avec le récipient se trouve formée par le même moyen. On remonte le piston , & en montant ,

il pousse au dehors la masse d'air dont la pompe s'étoit remplie.

On ouvre de nouveau la communication du récipient à la pompe, on réitère la même manœuvre, & le récipient s'évacue de plus en plus. Plus il est grand, plus il faut de coups de piston pour l'évacuer aussi exactement qu'il est possible. On peut déterminer par le calcul, le nombre des coups de piston nécessaires à cet effet ; mais l'habitude d'opérer l'indique plus commodément. S'agit-il de reporter de l'air sous le récipient ? on tourne la clef de manière que son canal oblique s'ouvre du côté du récipient, & l'air extérieur s'y introduit. Revenons maintenant à notre sujet.

Tous

Tous les corps sublunaires, sans exception, sont soumis à l'action de la pesanteur : je l'ai prouvé ci-dessus. J'ajoute maintenant qu'ils y sont tous également soumis. Bien qu'aussi certaine que la précédente, je pense que cette proposition souffrira quelque difficulté de la part de ceux qui jugent des choses d'après ce qu'elles leur paroissent, sans approfondir les circonstances qui influent sur ces apparences.

On me dira que des corps de même volume, mais de différens poids, tombent d'une hauteur donnée avec des vitesses fort différentes, qu'abandonnés en même temps à l'action de la pesanteur, les plus pesans laissent loin derrière eux ceux qui

H

pèsent beaucoup moins , & on en concluera qu'ils ne sont point tous également maîtrisés par la force qui les fait tomber.

Le fait est incontestable ; mais la conclusion n'en est pas moins fautive. Ce n'est point à la diversité de l'action de la pesanteur sur ces corps qu'il faut attribuer les inégalités qu'on remarque dans le temps de leur chute , c'est à la diversité de la résistance qu'ils éprouvent de la part du milieu qu'ils traversent en tombant , résistance qui influe davantage sur ceux qui pèsent moins , & conséquemment retarde davantage le moment de leur chute.

Une expérience très-simple & très-facile à répéter atteste cette vérité ;

elle prouve qu'en supprimant cette résistance , tous les corps plus ou moins pesans tombent également vite. Il ne faut , pour la faire , cette expérience , qu'un tube de trois à quatre pieds de longueur & de deux à trois pouces de grosseur , exactement fermé à l'une de ses extrémités ; l'autre doit être garnie d'un robinet fort exact qui puisse se monter à vis sur la tétine de la machine pneumatique.

On renferme dans ce tube deux corps de même volume , mais de poids bien différens ; un morceau de plomb , par exemple , & un morceau de papier. Tant qu'il demeure rempli d'air , le plomb tombe beaucoup plus vite que le papier ,

chaque fois qu'on renverse le tube de haut en bas ; mais si après l'avoir monté sur la machine pneumatique , on l'évacue d'air , aussi exactement qu'il est possible , & qu'on ferme le robinet pour conserver le vuide , on n'observera point de différence dans la chute de ces corps ; si , après avoir détaché le tube de la platine , on répète l'expérience. D'où je conclus que la résistance du milieu étant supprimée , ces deux corps , malgré la différence de leur poids , ont la même activité , la même force pour se précipiter. Ils sont donc également soumis à l'action de la pesanteur , & c'est à une cause , qui lui est tout à fait étrangère , qu'il faut rapporter ces différences que nous observons.



habituellement dans la chute des corps qui diffèrent en masse.

On désireroit sans doute pouvoir se rendre raison de la diversité de ces phénomènes, expliquer d'une manière satisfaisante comment les effets de la pesanteur sur les corps sont si différens dans le vuide & en plein air. J'en ai donné une explication très-facile à saisir dans le premier volume de mes Elémens, & je la répéterai volontiers ici.

J'ai supposé que les masses du plomb & du papier étoient dans le rapport de 12 à 1, c'est-à-dire, que le plomb pesoit douze fois plus que le papier & d'après cette supposition, voici de quelle manière j'ai raisonné; j'ai dit : « chaque

» degré de masse est animé d'un  
» degré de pesanteur qui le pousse  
» vers le centre de notre globe.  
» Le plomb est donc maîtrisé par  
» douze degrés de pesanteur, & le  
» papier par un seul : or, malgré  
» cette différence, ils ne doivent  
» point se mouvoir plus vite l'un  
» que l'autre dans le vuide ; puisque  
» douze degrés de pesanteur, em-  
» ployés à faire mouvoir douze  
» degrés de masse, ne peuvent  
» produire plus d'effet qu'un seul  
» degré de pesanteur employé à  
» mouvoir un seul degré de masse,  
» ils doivent donc se mouvoir avec  
» la même vitesse dans le tube  
» vuide d'air ; mais pourquoi le  
» même effet n'a-t-il pas lieu, lorsque

» ce tube est rempli d'air? en voici la  
» raison.

» Supposons qu'en parcourant la  
» longueur du tube, l'air oppose à  
» ces deux corps une résistance qui  
» consomme un demi-degré de  
» pesanteur; le papier qui n'a qu'un  
» seul degré de pesanteur, perdra  
» la moitié de sa force, tandis que  
» le plomb, qui est animé de douze  
» degrés, ou de vingt-quatre demi-  
» degrés de pesanteur, ne perdra  
» qu'un vingt-quatrième de la sienne:  
» il sera donc vingt-quatre fois moins  
» retardé dans sa chute, & consé-  
» quemment il tombera plus vite  
» que le papier. »

Concluons donc qu'abstraction faite  
des obstacles qui s'opposent à ce

que l'action de la pesanteur obtienne la totalité de l'effet qu'elle doit produire sur le corps qu'elle maîtrise, ils sont tous également poussés par cette force, vers le centre de la terre.

Nous observerons néanmoins, que bien qu'elle agisse de la même manière sur tous les corps, l'intensité de son action n'est point la même dans tous les climats de la terre. Elle est plus foible vers l'équateur que dans toute autre latitude. C'est une vérité de fait bien importante en mécanique, & universellement reconnue de tous les physiciens. Elle est établie sur une multitude d'observations faites avec toute l'exactitude imaginable ; mais nous ne nous per-

mettrons pas de les rapporter ici ; ce détail de pure curiosité nous entraîneroit trop loin.

Nous observerons encore que la pesanteur est une force constante, une force qui agit uniformément, & de la même manière, dans tous les instans consécutifs pendant lesquels les corps sont soumis à son action. Je ne puis mieux la comparer qu'à une pression uniforme & continue qui se feroit sentir à ces corps, & d'après cette idée, qu'on ne peut me contester, j'explique facilement les effets qu'elle produit sur eux.

Je dis donc qu'un corps qui se meut pendant plusieurs instans, en vertu de la pesanteur, se meut à chaque instant abstraction faite du premier, & en vertu

de l'impression qu'il en reçoit pendant cet instant, & en vertu de celles qu'il en a reçues dans les instans précédens. Il se meut donc en vertu de deux forces; l'une qu'il acquiert à chaque instant & que j'appelle *accélératrice*; l'autre qu'il a déjà acquise dans les instans précédens, & que je nomme *uniforme*. Or ces deux forces réunies en lui, doivent accélérer son mouvement, & de manière à lui faire parcourir des espaces quicroissent entre eux, comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, &c.; c'est-à-dire, qu'ayant parcouru un espace donné dans le premier instant, il doit en parcourir un trois fois plus grand, dans le second instant semblable au premier,

un cinq fois plus grand pendant la durée du troisième instant, & ainsi de suite.

Il est en effet démontré qu'une force qui s'acquiert progressivement, comme la pesanteur, ne produit, tandis qu'elle s'acquiert, que la moitié de l'effet qu'elle produiroit, si elle étoit entièrement acquise. De là je conclus que le degré de pesanteur qu'un corps acquiert pendant la durée du premier instant, ne lui fait parcourir que la moitié de l'espace qu'il parcourroit si ce degré de pesanteur étoit entièrement acquis au commencement de cet instant. Je demande seulement qu'on me passe la vérité de cette proposition comme évidemment démontrée, &

généralement reçue en physique.

Cela posé , le corps arrive au commencement du second instant , avec un degré de pesanteur entièrement acquis , ou un degré de cette force que j'appelle *uniforme*. Or ce degré de pesanteur persévérant à le faire mouvoir , pendant ce second instant , il lui fera parcourir un espace double de celui qu'il a parcouru pendant le premier instant , & comme pendant la durée du second il acquiert un nouveau degré de pesanteur , de cette force que je nomme *accélératrice* , & que ce degré est semblable à celui qu'il a acquis pendant le premier instant , celui-ci lui fera parcourir un espace semblable à celui qu'il a parcouru pendant le premier instant

La



La totalité de l'espace qu'il parcourra dans le second instant, en vertu de ces deux forces, l'une uniforme, l'autre accélératrice, sera donc triple de celui qu'il aura parcouru pendant le premier instant & à la fin du second, il sera muni de deux degrés de pesanteur entièrement acquis, ou de deux degrés de force uniforme, en vertu desquels il continuera à se mouvoir pendant le troisième instant. Or chacun de ces deux degrés lui fera parcourir un espace double de l'espace parcouru dans le premier instant, & conséquemment un espace quadruple du premier espace, & le degré de force accélératrice qu'il acquerra encore pendant ce troisième instant, lui en fera parcourir un tout-à-fait.

semblable à celui du premier instant : il parcourra donc , pendant ce troisième instant , un espace comme cinq & ainsi de suite.

D'où il suit 1°. que les espaces parcourus à la fin de chaque instant , sont comme le quarré des temps employés à les parcourir. Laissons de côté le premier instant , qui s'exprime par 1 , & dont les quarrés , ainsi que l'espace parcouru pendant cet instant , s'exprimant également par 1 , ne rendroient point la démonstration assez sensible , & considérons qu'à la fin du second instant , qui s'exprime par 2 , le corps aura parcouru un espace comme 4 ; savoir , un espace comme 1 , pendant le premier instant , & un espace comme 3 ,

pendant le second; or 4 est le carré de 2, ou le produit de 2 multiplié par 2.

Pareillement, à la fin du troisième instant, qui s'exprime par 3, l'espace parcouru est comme 9; savoir 1 dans le premier, 3 dans le second, & 5 dans le troisième instant; lesquels pris ensemble égalent 9; or 9 est le carré de 3, c'est-à-dire le produit de 3 multiplié par 3. En continuant ce calcul, on trouvera le même résultat pour tous les instans consécutifs. Donc les espaces parcourus, à la fin de chaque instant, sont comme les carrés des temps employés à les parcourir.

2°. Que si on connoît l'espace qu'un corps parcourt dans le premier ins-

tant , il fera facile de connoître celui qu'il parcourra pendant plusieurs instans donnés. Il suffira , pour cela , de faire une proportion , ou une règle de trois , dont voici l'exposé en faveur de ceux qui sont au fait de ces sortes de calcul.

Le quarré du premier instant est au quarré des instans supposés, comme l'espace parcouru dans le premier instant , est à l'espace qu'on veut connoître. Quant à l'espace que parcourt un mobile , pendant le premier instant de sa chute , en supposant qu'il tombe librement & en vertu de la pesanteur, il est démontré , par les expériences de *Huyghens* , que cet espace est de 15 pieds dans le climat

de Paris , pendant la première seconde de sa chute.

On s'est donné beaucoup de peine à chercher la cause de la pesanteur & jamais problème aussi facile à résoudre n'a donné naissance à un aussi grand nombre de solutions plus absurdes les unes que les autres. Je n'en rapporterai qu'une & elle confirmera ce que j'ai déjà observé précédemment : que la manie de vouloir tout expliquer fait dire bien des absurdités.

On a donc imaginé que la terre étoit une espèce d'aimant , duquel s'élançoit une quantité prodigieuse d'émanations crochues , faites en forme d'hameçons ; que ces émanations , revenant vers elle , lui amenoient

dans leur retour les corps qu'elles hupoient.

"Soupçonneroit-on le savant *Gassendi*, l'un des plus célèbres Physiciens du dernier siècle, d'être l'auteur d'une pareille opinion ? C'est cependant la sienne, & encore n'est-elle pas la plus absurde de celles que je pourrois citer. En voici une autre plus sensée, plus mécanique & plus digne de l'attention du Physicien, en ce qu'elle est appuyée sur un fait certain, mais dont l'application n'est rien moins qu'exacte en cette occasion ; c'est l'opinion d'un grand homme, c'est celle de *Descartes*.

Il est de fait, & l'expérience prouve incontestablement, que si plusieurs corps de densités différentes sont ren-

fermés dans un espace d'où ils ne puissent s'échapper ; & qu'on vienne à leur imprimer un mouvement circulaire, ou selon tout autre courbe quelconque , il est de fait, dis-je , que tous acquerront différens degrés de force centrifuge , force qui tendra à les éloigner du centre de leur rotation , ( ce qu'on remarque généralement dans tous les corps qui se meuvent autour d'un centre , comme nous le prouverons dans le Chapitre suivant.) Or , à raison de cette diversité dans la force centrifuge de ces corps , ceux qui en auront davantage précipiteront les autres vers le centre commun de leur rotation , ou l'excès de force centrifuge des uns occa-

sionnera la force centripète des autres.

Tel est, en peu de mots, le principe certain dont *Descartes* abuse pour expliquer le phénomène de la chute des corps vers le centre de la terre.

Il prétend que tous les corps sublunaires, plongés comme ils le sont dans le tourbillon de ce globe, ou dans l'atmosphère de la terre, & participans tous au mouvement de ce tourbillon autour de son centre, sont maîtrisés par son excès de force centrifuge, & poussés vers ce centre. Dans le fait, on ne peut disconvenir, vu la distance énorme à laquelle elle s'étend au-delà de la surface de la terre



que son athmosphère ne soit entraînée autour de son centre avec une vitesse incomparablement plus grande que celle qui anime les corps sublunaires plongés dans cette athmosphère , & conséquemment que la force centrifuge de celle-ci ne soit de beaucoup plus grande que celle de chacun de ces corps. Mais est - ce une raison d'en conclure que cet excès de force centrifuge doive porter ces corps directement au centre de la terre ?

*Descartes* l'imaginoit , & il étoit si favorablement prévenu en faveur de cette opinion , que pour la confirmer , il indiqua lui - même , mais sans la consulter , l'expérience qui devoit en démontrer la fausseté.

Remplissez d'eau , nous dit-il , un

globe creux de cristal , & introduisez-y des corps plus légers que l'eau ; placez ce globe entre les deux poupées d'un tour : tant qu'il ne demeurera en repos, ces corps étrangers se tiendront, à raison de leur légèreté respective, dans l'un des segmens supérieurs du globe, dans celui qui correspondra à son équateur. Faites alors mouvoir ce globe circulairement sur son axe ; les corps qui furnageoient acquerront, ainsi que l'eau, une force centrifuge ; mais celle-ci, comme plus dense, en acquerra une plus grande, & en vertu de cet excès de force centrifuge, elle précipitera ces corps & les rassemblera au centre de la masse aqueuse.

Si le succès de cette expérience étoit tel , l'opinion de *Descartes* au-

roit un caractère de vérité qui pourroit en imposer ; mais qu'arrive-t-il en cette occasion ? le voici : au lieu de se précipiter au centre du globe, on voit ces corps maîtrisés par l'excès de la force centrifuge de l'eau , se porter dans toute la longueur de l'axe du globe.

Il n'étoit point nécessaire de se mettre l'esprit à la torture pour expliquer un phénomène qui n'est que l'effet d'une loi générale de la nature, d'une loi constante à laquelle tous les corps sont soumis, dans quelques circonstances qu'ils se trouvent, & dans quelque degré d'éloignement qu'ils soient les uns des autres. Cette loi se nomme *l'attraction*, & nous allons la faire con-

noître dans l'Appendice que nous ajoutons à ce Chapitre.

## A P P E N D I C E.

### *De l'Attraction.*

Une observation constante nous apprend que certains corps s'approchent comme d'eux-mêmes les uns des autres & se réunissent au point de contact, de façon qu'ils ne forment plus qu'un seul corps. C'est ainsi, par exemple, que deux gouttes d'eau, d'huile, de mercure, &c. mises à côté & très-près l'une de l'autre, se déforment, s'allongent, deviennent ovales, de rondes qu'elles étoient, se touchent enfin, s'unissent, se confondent, & ne forment plus

qu'une seule goutte , sans qu'on puisse attribuer cet effet à la pression d'un fluide extérieur , qui loin de les réunir s'opposeroit à leur réunion.

Ce que nous observons si sensiblement entre toute espèce de fluides homogènes, mis dans la circonstance que nous venons d'indiquer , s'observe encore, mais d'une autre manière, entre toute espèce de corps, & toujours sans que cet effet puisse être rapporté à l'impulsion ou à la pression d'un fluide environnant.

Les corps les plus éloignés les uns des autres , en supposant cependant que leurs masses soient considérables , nous montrent aussi manifestement le même phénomène ; on voit qu'ils ont

une tendance réciproque à s'approcher & à s'unir ; on voit qu'ils agissent plus ou moins sensiblement les uns sur les autres ; qu'ils s'approcheroient & se réuniroient enfin , si la force qui les anime n'étoit balancée par une autre qui s'y oppose. Or , cette force , qui tend à rapprocher toutes les parties de l'univers matériel pour n'en former qu'une seule & unique masse , est ce qu'on appelle *l'attraction*. Qu'est-ce donc que *l'attraction* ?

En Physique comme en Morale , c'est le secret de la Nature , & ce secret est impénétrable. J'en appelle au témoignage de ceux qui ont éprouvé les effets de la dernière. Qu'ils l'inscrivent en faux , s'ils le

peuvent , contre le Quatrain que  
voici :

Il est des nœuds secrets , il est des sympathies  
Dont, par le doux rapport , les ames assorties  
S'attachent l'une à l'autre & se laissent piquer  
Par ce *je ne fais quoi* qu'on ne peut expliquer.

Voilà bien l'attraction morale , la  
physique est encore plus difficile à  
comprendre ; car on ignore si cette  
force qui se décèle dans tous les  
corps , réside en eux comme une qua-  
rité qui leur soit inhérente , ou si elle  
dépend de quelque puissance mécha-  
nique extérieure. Ce que nous savons ,  
& ce dont nous ne pouvons douter ,  
parce que l'expérience & l'observa-  
tion nous le confirment journalle-  
ment , c'est que tous les corps lui  
sont subordonnés ; que toutes les par-

ries de la matière s'attirent mutuellement , qu'elles suivent toutes une loi constante dans leurs attractions, & c'est à la seule connoissance de cette loi que nous devons borner toutes les questions que nous pourrions faire au sujet de l'attraction.

Les corps sont-ils à une très-grande distance les uns des autres , leurs forces attractives , que nous appelons *attractions à grandes distances* , sont en raison directe de leurs masses , & en raison inverse , ou réciproque du quarré de leurs distances , je veux dire , que ces forces croissent dans la même proportion que les masses , & qu'elles décroissent comme le quarré des distances augmente. De là, deux masses



restant les mêmes , & leur force attractive étant déterminée pour une distance donnée , cette force sera quatre fois plus petite , si leur distance devient double de ce qu'elle étoit. Or , 4 est le quarré de 2 , ou le produit de 2 multiplié par 2.

Une multitude d'observations astronomiques confirment & attestent la certitude de cette loi , relativement à tous les corps qui s'attirent à de grandes distances , & tout persuadé que je suis qu'elle n'est pas différente par rapport à ceux qui agissent & s'attirent à de très - petites distances , je ne disconviendrai point que ces sortes d'attractions , qu'on appelle *attractions à petites distances* , paroissent suivre une autre loi.

Dans ces circonstances , en effet , & sur-tout au point de contact , il paroît , & plusieurs savans Physiciens soutiennent que les forces attractives suivent une proportion plus grande que celle de la raison inverse du quarré des distances ; mais quelle proportion suivent-elles alors ? C'est sur quoi personne n'est d'accord.

Ce schisme , cette diversité d'opinions à cet égard , suffiroit seule pour prouver que c'est à tort qu'on voudroit admettre deux loix différentes d'attraction , pour les grandes & pour les petites distances ; mais on sentira mieux la fausseté de cette prétention , si on considère qu'il y a tant de causes que nous connoissons , tant d'autres que nous igno-

rons, qui se réunissent & concourent à augmenter les effets de l'attraction dans les petites distances ; bien que la loi de la nature soit la même dans les deux circonstances, que nous ne devons point être étonnés de voir ces effets se montrer avec plus d'intensité dans les petites que dans les grandes distances ; c'est ce que je crois avoir suffisamment prouvé dans le premier volume de mes *Elémens*. Je répéterois volontiers ce que j'ai dit à ce sujet, si cette digression n'étoit pas plutôt du ressort des Mathématiques que de la Physique.

Je me bornerai donc à donner ici quelques preuves manifestes de ces sortes d'attractions & à prouver en-

suite que la chute des corps sublunaires, vers le centre de la terre, n'est qu'un effet de cette loi générale de la nature.

Et d'abord, si à l'aide d'une espèce de chalumeau, dont la boule sera remplie d'une liqueur quelconque, supposons d'eau, je laisse tomber quelques gouttes de ce liquide sur des plans de différentes densités, ces gouttes arrondies dans leur contour, au lieu d'être parfaitement sphériques, comme elles devroient l'être, seront plus ou moins aplaties, suivant que le plan sur lequel elles reposeront sera plus ou moins dense. Elles seront presque sphériques sur une feuille d'arbre, moins sur un morceau de papier huilé, bien moins encore sur

un plan de marbre , ou de métal. Or ces phénomènes que tout le monde est à portée d'observer , & qui ne peuvent s'expliquer par l'action d'un fluide qui presseroit extérieurement ces gouttes de liqueur , prouvent , on ne peut mieux , qu'elles sont maîtrisées par la force attractive du plan , & que cette force est d'autant plus considérable que ce plan est plus dense , ou qu'il a plus de masse.

: Une autre preuve , également manifeste de l'attraction entre les corps qui se touchent , c'est celle que nous offrent deux plans de marbre , de glace ou de métal bien dressés , & exactement appliqués l'un sur l'autre. Ils adhèrent entre eux avec des forces

bien supérieures à celles de la pression du fluide qui s'appuie extérieurement sur leurs surfaces , & qui cependant contribue en partie à leur union , & la force avec laquelle cet effet subsiste dans le vuide , répond à toutes les difficultés qu'on pourroit faire en faveur de l'impulsion ou de la pression d'un fluide extérieur & ambiant. Comment d'ailleurs , cette pression pourroit-elle parvenir à unir avec une force de 80 livres des lames de verres , dont les surfaces n'auroient qu'une ligne d'étendue , comme le docteur *Desaguiliers* l'a éprouvé , & l'atteste ?

Un troisième phénomène qui confirme encore la même chose , c'est celui qu'on observe dans le mélange

de certains liquides qui se pénètrent mutuellement & dont les parties s'attirent au point de former une masse solide.

Prenez , par exemple , deux gros d'huile de tartre & autant d'huile de chaux ; ce sont deux liqueurs très-coulantes ; mêlez-les ensemble dans une foucoupe , agitez le mélange avec le doigt , ou tout autre corps équivalent ; bientôt la liquidité disparaîtra , & vos deux liquides se convertiront en une masse assez solide que vous pourrez tasser comme une boule de neige.

Si je ne craignois de devenir prolix , je pourrois ajouter à ces preuves de l'attraction à de petites distances ,

d'autres preuves qui ne feroient pas moins concluantes ; mais comme suffisantes , je m'en tiens à celles-ci , & je reviens à la question précédente , à prouver que les corps sublunaires abandonnés à eux-mêmes , à différentes hauteurs au dessus de la surface de la terre , ne tombent vers son centre , qu'en vertu de l'attraction que le globe terrestre exerce sur eux , & cette preuve , je la tire de la manière selon laquelle ils s'approchent de ce centre. Ils s'en approchent, en effet, conformément à la loi générale de l'attraction à grandes distances , c'est - à - dire en raison inverse du quarré de leurs distances à ce centre. Mais comment démontrer la vérité de ce fait , vu les  
petites



petites distances auxquelles nous pouvons porter les corps au-delà de la surface de la terre? par une observation qui vient on ne peut mieux à notre secours & qui ne laisse aucun doute à cet égard.

La lune , ce satellite qui appartient à la terre , autour de laquelle elle fait ses révolutions , en est éloignée , dans sa moyenne distance , de soixante demi-diamètres terrestres , & conséquemment soixante fois davantage que les corps qui tombent vers sa surface , car on peut regarder comme zéro les hauteurs auxquelles on peut les porter au dessus de cette surface , quand on les compare à la longueur d'un des rayons de la terre. Or , tous les astronomes ont observé , en calcul

lant les rapports de vitesses selon lesquelles la lune & les corps sublunaires s'approchent dans un temps donné du centre de notre globe , que la lune s'en approche trois mille six cents fois moins qu'eux , dans le même temps , & comme trois mille six cents sont exactement le carré de soixante , ou le produit de soixante multiplié par soixante , j'en conclus que dans son mouvement qui l'approche du centre de la terre , mouvement qui ne peut être attribué qu'à l'attraction du globe terrestre , la lune suit exactement la loi générale des attractions à grandes distances.

Jugeant donc du mouvement des corps sublunaires par celui de la lune ,

je conclus encore que ceux-ci suivent la même loi , en s'approchant du centre de la terre , & que l'attraction du globe terrestre est la véritable cause de leur pesanteur , de leur tendance , ou de leur chute vers le centre de ce globe. Je passe maintenant à la considération de la force centrifuge.



## CHAPITRE CINQUIEME.

*De la force Centrifuge.*

Cette force est diamétralement opposée à celle dont nous avons parlé dans le Chapitre précédent , dans lequel nous avons démontré les effets de la force centripète , qui tend à ramener tous les corps au centre de leur rotation , tandis que la force centrifuge tend à les éloigner de ce centre. Bien qu'opposées entre elles , ces deux forces réunies subsistent en même temps , se contrebalancent mutuellement dans les planètes & entretiennent l'harmonie du système planétaire. Si l'une , en effet , deve-

nant supérieure à l'autre ; conservoit sur elle cette supériorité ; c'en seroit bientôt fait de l'univers. Supposons que ce fût la force centripète : dans cette supposition , les planètes s'approcheroient de plus en plus du centre du soleil , & dans peu , elles se confondroient avec lui. Si c'étoit la force centrifuge , elles s'éloigneroient de ce centre , & bientôt elles seroient emportées au-delà des limites que l'auteur de la Nature a posé à leurs orbites elliptiques.

Quand on considère donc cette constance avec laquelle elles sont retenues , depuis le moment de la création , dans les courbes qu'elles décrivent si régulièrement , & que cette harmonie ne dépend que de

deux forces qui se contrarient continuellement , qui pourroit s'empêcher de s'écrier avec le Prophète Roi : *Les cieux publient la gloire de leur Auteur , & le firmament annonce les ouvrages de jès mains.*

Ce n'est point à nous , c'est à l'Astronome de développer les combinaisons de ces deux forces opposées , de nous parler des variations qu'elles éprouvent & de nous montrer de quelle manière les planètes sont retenues dans les orbés elliptiques qu'elles décrivent autour du soleil , le centre commun de leurs révolutions périodiques ; mais il appartient au Physicien de constater l'existence de ces deux forces dans la Nature & d'indiquer leurs loix géné-

rales. Nous nous sommes déjà acquittés de ce ministère à l'égard de la force centripète, nous allons remplir la même tâche par rapport à la force centrifuge.

Et d'abord, nous prouverons que cette force existe dans tout corps mu circulairement, & comme on peut très-bien conclure du mouvement circulaire à celui qui s'exécute dans toute autre espèce de courbe, nous en concluerons que cette même force existe également dans tout corps qui décrit une courbe quelconque.

Pour constater l'existence de la force centrifuge dans le cercle, il suffit de se former une idée juste du mouvement circulaire. Qu'est-ce donc que cette espèce de mouvement? C'est,

disent tous les Physiciens , un mouvement en ligne droite continuellement interrompu dans tous ses points. La preuve en est évidente.

Le cercle , en effet , est de l'aveu de tous les Mathématiciens un polygone infinitaire , ou une figure d'un nombre infini de côtés , infiniment petits & tous inclinés les uns aux autres. Cela posé , si nous considérons ce qui arrive à un corps qui parcourt le contour d'un polygone quelconque , ou d'une figure composée de plusieurs côtés , nous comprendrons la vérité de la proposition que nous venons d'énoncer.

Or , il est démontré qu'un corps qui se meut autour d'un polygone , change autant de fois moins une de



direction , qu'il y a de côtés dans ce polygone. Prenons en pour exemple, l'une des pages de ce livre , qui représente un polygone de quatre côtés. Supposons donc qu'un corps placé en haut & à la gauche de cette page , soit déterminé à se mouvoir selon la longueur du petit côté qui lui répond & qui représente la largeur de la page , il parcourra ce côté ; mais arrivé à son extrémité , je demande ce que deviendra ce mobile , si rien ne s'oppose à la direction primitive de son mouvement ? Il n'y a point de doute qu'il continuera à se mouvoir selon le prolongement du même côté & que de lui-même il ne se déterminera pas à changer de direc-

tion , à se mouvoir , par exemple , de haut en bas , selon la hauteur de la même page.

Il faut donc , pour qu'il suive cette nouvelle route , qu'il se trouve , à l'angle où concourent & se réunissent les deux côtés de la page , une puissance qui change sa première direction , le fléchisse & le détermine à se mouvoir selon la hauteur de cette page.

Supposons-la cette puissance , & voyons ce que deviendra le mobile dès qu'il sera arrivé à l'extrémité inférieure , ou au bas de la page : toujours constant à obéir à la dernière impulsion qu'il a reçue , il continuera à suivre la même ligne , si rien ne s'oppose à cet effet. Il faut donc encore ici

une nouvelle puissance qui l'empêche d'aller plus loin , selon la même direction & qui l'oblige à se détourner , à se mouvoir selon la largeur du petit côté inférieur de la page.

Je dirai la même chose , lorsqu'il sera arrivé à l'extrémité de ce côté , s'il faut le faire remonter selon la hauteur du feuillet & le ramener au point d'où il est parti. Il est donc évident que , pour parcourir les quatre côtés de cette page , il changera trois fois ou quatre fois moins une de direction. Il ne peut donc se mouvoir & parcourir le contour d'un polygone quelconque , qu'il ne change autant de fois moins une de direction , qu'il y aura de côtés dans ce polygone.

Appliquons cette démonstration à la circonférence d'un cercle qui est, comme nous l'avons dit précédemment, un polygone infinitaire, ou d'un nombre infini de côtés infiniment petits, c'est-à-dire de points tous inclinés les uns aux autres, & nous en conclurons qu'un corps qui se meut & qui parcourt la circonférence d'un cercle, change de direction à chacun des points de cette circonférence & que le mouvement circulaire est un mouvement en ligne droite continuellement interrompue.

Or, en interrompant ainsi un mouvement commencé en ligne droite, on change bien la direction du mobile, mais on ne lui enlève point sa tendance à se mouvoir selon chaque  
ligne

ligne droite commencée, & c'est cette tendance que j'appelle force centrifuge, & pourquoi ? Parce qu'en quelque point de la circonférence du cercle que vint à cesser la cause qui fléchit continuellement son mouvement & le retient dans cette circonférence, le mobile, obéissant à cette tendance, s'échapperoit & s'éloigneroit du centre de sa rotation par la dernière ligne droite commencée, & cette ligne seroit une tangente à l'extrémité du rayon, ou au point de la circonférence du cercle dont ce mobile s'éloigneroit. D'où je conclus qu'un corps qui se meut circulairement, est continuellement animé d'une force centrifuge, ou qui tend à l'éloigner du centre de sa révolution, force qu'on remarque égale-

ment dans tous les corps qui parcourent une courbe quelconque.

C'est en vertu de cette force qu'un verre rempli d'eau peut être mu circulairement autour d'une fronde, sans que l'eau s'en échappe & se précipite, lors même que l'ouverture du verre se trouve renversée de haut en bas en passant au zénith & au dessus de la tête de celui qui le fait mouvoir; parce que la force centrifuge que cette eau acquiert dans sa rotation, la pousse & la retient vers le fond du verre, où se trouve la circonférence du cercle qu'elle décrit avec une force supérieure à celle de la pesanteur qui tend à la faire tomber.

On conçoit, sans qu'il soit nécessaire de le dire, que le verre dont

on se sert dans cette expérience , doit être suspendu par son bord au cordon qui le fait tourner , afin que son fond soit dans la circonférence du cercle qu'on lui fait décrire.

Si l'on répète l'expérience dont nous avons parlé dans l'Article précédent ; l'expérience imaginée par *Descartes* , pour expliquer la cause de la chute des corps , on pourra s'en servir pour prouver la force centrifuge qu'acquiert , par sa rotation , un corps qui se meut circulairement. Mais au lieu de renfermer dans le globe un corps plus léger que l'eau , il faut y introduire un corps spécifiquement plus pesant , sans cependant que son excès de pesanteur spécifique le mette dans le cas de casser le globe contre les parois du-

quel il se portera pendant la rotation,

Je choisis pour cela un morceau de cire d'Espagne, que je triture & que je réduis en poussière dans un mortier. Je mets cette poudre dans le globe déjà plein d'eau : spécifiquement plus pesante, elle tombe au fond du globe ; mais dès le moment que je le fais tourner sur son axe, elle acquiert une force centrifuge, qui la porte vers les parois de ce globe & elle y forme une zone circulaire qui répond à son équateur.

Je pourrais rapporter ici plusieurs autres expériences qui prouveroient la même vérité, si je ne la croyois suffisamment établie ; mais je passe à une autre considération importante à



cet égard; Je considère les élémens de la force centrifuge , qui contribuent à augmenter cette force dans les corps , & je remarque que son intensité dépend de leurs masses , & de la vitesse avec laquelle ils se meuvent, soit dans le cercle , soit dans toute autre courbe quelconque.

Et d'abord je dis qu'elle dépend de leurs masses, parce que chacune de leurs parties étant animée de la même force , il est constant que plus les corps auront de masses ou de parties & plus cette force sera considérable; puisque la force d'un corps en mouvement est égale à la somme des forces partielles, ou distribuées entre chacune de ses parties.

On démontre cette vérité en Physique à l'aide d'une machine fort ingénieuse , connue sous le nom de *machine de forces centrales* , & dont nous avons donné la description dans notre Ouvrage intitulé : *Description & usage d'un Cabinet de Physique* ; mais pour satisfaire la curiosité de nos lecteurs , qui voudroient se procurer le plaisir de répéter ces sortes d'expériences à moins de frais , voici l'idée d'une machine du même genre , beaucoup plus simple & qui répondra également à leurs vues.

Soient montées dans un même châssis qui s'affujettira horizontalement sur une table , une roue de 12 à 15 pouces de diamètre , & une poulie de trois pouces ou environ de

diamètre; que l'axe de cette poulie menée par la corde de la roue, excède le dessus du châssis, & soit taraudé de quelque pas de vis, pour qu'on puisse monter dessus le milieu d'une planchette de 15 à 18 pouces de longueur, aux extrémités de laquelle s'élèvera de part & d'autre & à angle droit un morceau de bois de 3 pouces de hauteur.

Ceux-ci serviront de support à un fil de métal qui les traversera & y sera fixé, après qu'on aura enfilé sur ce fil deux billes d'ivoire de masses différentes; supposons l'une une fois plus pesante que l'autre.

Cela posé, la planchette étant établie sur la poulie, elle sera entraînée par la révolution de cette

poulie , ainsi que les deux billes d'ivoire dont nous venons de parler.

S'agit-il de prouver que , toutes choses égales d'ailleurs , la force centrifuge d'un corps qui se meut circulairement , croît comme sa masse , ou plutôt , que toutes choses égales d'ailleurs , la force centrifuge de deux corps qui circulent , est plus considérable dans celui qui a plus de masse , car on ne peut espérer un résultat plus précis de la machine que nous venons de décrire : voici de quelle manière il faut procéder.

Liez ensemble les deux billes d'ivoire avec un fil qui les traversera , & dont vous nouerez les deux bouts de façon qu'elles puissent s'écarter de

quelques pouces l'une de l'autre. Amenez-les chacune à la même distance du centre commun de leur rotation, qui est le centre de la poulie; supposons qu'elles en soient à un pouce de distance de part & d'autre.

Dans cette supposition, les deux billes auront la même vitesse circulaire, au moment où l'on fera tourner la machine; puisqu'étant également éloignées du centre du mouvement, elles décriront des cercles gaux dans le même temps, & chacune acquerra, par sa révolution, une force centrifuge qui tendra à l'éloigner du centre de sa rotation, en glissant sur le fil de métal qui la porte, le seul côté par lequel elle

puisse s'écarter de ce centre. Si elles étoient libres , on les verroit l'une & l'autre se porter en arrière , & frapper plus ou moins fortement les extrémités opposées, ou les morceaux de bois qui s'élèvent aux deux bouts de la planchette.

Mais comme elles sont attachées & qu'elles ne peuvent s'échapper qu'ensemble , la plus grosse des deux billes surmontera l'effort de la petite , qui se fait en sens contraire du sien, & l'entraînant de son côté, elles iront l'une & l'autre heurter le morceau de bois qui répond à la grosse ; preuve incontestable , qu'avec la même vitesse que la petite , elle acquiert , à raison de sa masse , plus de force centrifuge, puisqu'elle vient

à bout de surmonter celle de son antagoniste, & de lui communiquer assez de force pour se prêter à la sienne.

A l'aide du même appareil, on démontrera facilement que la vitesse contribue aussi à augmenter la force centrifuge d'un corps qui se meut circulairement. Indépendamment de l'expérience, personne ne doute qu'un mobile qui se meut plus vite, n'ait par cela seul plus de force; mais si on veut le confirmer ici par expérience, voici comme il faut procéder.

On éloignera les deux billes à des distances différentes du centre commun de leur révolution; la grosse à une très-petite distance, supposons

un pouce , la petite à une distance beaucoup plus grande , supposons trois à quatre pouces. Les vîteses qu'elles acquerront au premier moment de leur rotation , seront entre elles , comme leurs distances au centre de cette rotation. La petite bille acquerra donc trois à quatre fois plus de vîtesse que la grosse , parce que , dans le même temps , elle décrira un cercle trois à quatre fois plus grand. Or , à raison de cet excès de vîtesse , la force centrifuge qu'elle acquerra surpassera tellement celle de la grosse bille , qu'elle parviendra à surmonter la sienne , & qu'elle l'entraînera ensuite de son côté : l'une & l'autre iront donc frapper le morceau de bois correspondant à la petite.



Cette expérience prouve incontestablement que l'augmentation de vitesse dans un corps qui circule , produit une augmentation de force centrifuge ; mais , selon quelle proportion cette force augmente-t-elle relativement à la vitesse ? C'est ce que l'expérience ne peut indiquer. Quelque parfaite que soit la machine , elle n'atteindra jamais à la solution de ce problème. Il ne peut se résoudre que par des calculs mathématiques , qui ont pour base des observations faites sur les mouvemens des planètes , & ces calculs nous apprennent que la force centrifuge d'un corps qui se meut circulairement est comme le quarré de sa vitesse , divisé par le diamètre du cercle qu'il parcourt.

Nous n'insisterons point davantage sur une matière qui appartient particulièrement à l'Astronomie , & qui d'ailleurs suppose des connoissances tout-à-fait étrangères à notre objet.

Nous ajouterons seulement , & dans le dessein d'inspirer à nos lecteurs le désir d'en voir les expériences, parce qu'elles sont belles & intéressantes , nous ajouterons que la force centrifuge dans le cercle est le principe de quantité de machines plus ingénieuses les unes que les autres.

La première qui se présente sous ma plume , c'est la fameuse pompe de Hesse , annoncée sous le nom de *Sudor rotatilis*. Imaginez une grande boîte cylindrique remplie d'eau ,

dans laquelle on fait tourner circulairement & horizontalement plusieurs tuyaux de métal, disposés obliquement autour d'un axe commun, auquel ils sont réunis vers le bas. Ces tuyaux s'élèvent au - dessus de la boîte cylindrique, & leurs extrémités supérieures recourbées & rétrécies correspondent à un réservoir circulaire artistement placé au dessus de la boîte cylindrique.

Plongés dans l'eau que celle-ci contient, ils en sont naturellement remplis jusqu'à la même hauteur, & dès qu'on les fait mouvoir circulairement, ce mouvement se communique à l'eau qu'ils renferment & lui imprime une force centrifuge qui l'éloigne du centre de la rota-

tion , en l'élevant de plus en plus dans ces tuyaux : elle parvient donc jusqu'à leur extrémité supérieure & elle se dégorge dans le réservoir qu'il attend.

On peut , par ce moyen , porter une masse d'eau considérable à une assez grande hauteur. Toute la difficulté consiste à imprimer aux tuyaux déferens un mouvement circulaire assez rapide pour que la force centrifuge puisse surmonter le poids de l'eau qui s'élève dans ces tuyaux ; mais c'est l'affaire du mécanicien. C'est à lui d'imaginer ici un manège propre à cet effet.

Une autre machine , non moins ingénieuse & plus utile encore que la précédente , c'est un moulin de l'invention de M. *Dukamel* , pour van-

ner & nettoyer le grain. Malgré son extrême simplicité, nous ne pourrions en donner qu'une idée très-imparfaite. Il faut en voir l'expérience pour en sentir tout le prix.

On peut encore ranger dans cette classe, parmi les machines dans lesquelles la force centrifuge joue un rôle important, la corde sans fin du sieur *Vera*; c'est cette force qui fait le complément de cette machine, trop connue pour nous arrêter à la décrire. C'est en effet par la force centrifuge, que l'eau élevée par la corde s'échappe dans la boîte supérieure, au moment où cette corde passe sur la poulie fixe qui y est établie, pour se rendre de cette boîte dans

le réservoir dans lequel on se propose de l'apporter.

On ne peut disputer à cette ingénieuse machine une très-grande simplicité. Si elle fut trop vantée dans son origine , elle ne méritoit sûrement point le discrédit dans lequel elle est tombée , & elle ne doit ce discrédit qu'au zèle peu éclairé de ceux qui ont voulu la faire trop valoir , en exigeant d'elle des effets au-delà de ceux qu'elle peut produire avantageusement. C'est un malheur presque attaché à la plupart des belles inventions , & je ne doute point que & celle-ci ne reprenne un jour faveur , ne soit honorée comme elle le mérite.

Nous pourrions indiquer encore ici plusieurs autres machines nom

moins ingénieuses que les précédentes, toutes produisant leur effet par le moyen de la force centrifuge. Nous pourrions, par exemple, parler du fameux ventilateur du D. *Desaguiliers*, l'une des machines capables de rendre à l'homme le service le plus important, en purifiant l'air vicié qu'il est obligé de respirer à son préjudice, en quantité de circonstances; mais outre que ces détails nous conduiroient trop loin, il ne feroit guère possible qu'une description, quelque détaillée qu'elle fût, nous donnât une idée satisfaisante de ces sortes de machines. Il faut les voir, ou au moins en voir des modèles bien faits pour juger des avantages qu'on en peut attendre.

Nous ne nous étendrons donc point plus long-temps sur cet objet tout important & curieux qu'il soit, & nous passerons à la considération d'une espèce particulière de mouvement qui, bien qu'elle ne puisse convenir généralement à tous les corps, doit néanmoins trouver place dans la Physique Générale, à raison de la multiplicité des effets qu'elle produit, & dont le Physicien doit presque habituellement rendre raison. Je veux parler du mouvement réfléchi.





## CHAPITRE SIXIÈME.

*Du Mouvement réfléchi.*

CETTE espèce de mouvement ne convient qu'à une espèce particulière de corps , à ceux qui sont doués d'élasticité , & qu'on appelle *corps élastiques* ou à *ressort*. Qu'est - ce donc que l'élasticité ou le ressort dans un corps ? C'est une question à laquelle nous devons répondre , avant de parler des loix de la réflexion.

L'élasticité ou le ressort est une propriété qui donne au corps , qui en est doué , la faculté de se rétablir dans son premier état & de reprendre sa première figure altérée.

par une force étrangère. Un corps mou , supposons une boule de terre glaise qu'on laisse tomber sur le pavé , se déforme , s'aplatit plus ou moins & reste ainsi déformée sur place. Il n'en est pas de même d'un corps élastique , tel qu'une bille d'ivoire , par exemple ; si elle se déforme également dans le choc , si les parties qui frappent l'obstacle cèdent à l'impression du choc , se reportent en arrière , en s'approchant du centre , si elle s'aplatit , en un mot , cet aplatissement n'est point permanent : les parties déplacées reviennent à leur place , la figure se rétablit , la bille se réfléchit , & si on la considère ensuite , on douterait que sa figure eût été altérée , si l'expérience & le rai-

sonnement ne se réunissoient pour l'attester.

Je n'irai point chercher en Physique la machine dont on se sert pour démontrer l'altération de la figure du corps à ressort dans le choc, j'en trouve des preuves continuelles sous mes yeux. Je m'assieds sur une bergère ; le coussin s'affaisse sous le poids de mon corps , il est aplati ; je me lève , & je le vois s'enfler. & reprendre sa première forme.

Je presse avec la main un anneau fait d'une matière élastique & appuyé sur une table ; il cède à la pression que je lui fais éprouver, il se déforme ; le diamètre par lequel je le presse, diminue de longueur ; il devient plus petit , tandis que celui qui

le coupe à angles droits devient plus grand , & que l'anneau s'allonge de ce côté : je cesse de le presser , le premier diamètre s'allonge , reprend sa première longueur , & l'anneau sa première figure.

Mais si je veux voir subsister des traces de l'altération passée dans un corps à ressort , qui a été comprimé par le choc ; je prends une balle de paume ; je la pose contre une muraille ; elle ne la touche qu'en un très - petit nombre de points , dans une étendue très-petite , & d'autant plus petite que la balle est mieux arrondie , & la muraille plus droite , plus plane.

Cette première observation faite , je trempe cette balle dans une couleur liquide & légèrement encollée  
pour

pour qu'elle s'y attache plus parfaitement , & je la lance ensuite vigoureusement contre le mur ; elle le choque , & dans ce choc elle s'aplatit , il se forme sur sa surface un segment de sphère plus ou moins grand , & toujours proportionné à l'intensité du choc ; alors la balle touche le mur selon toute l'étendue de ce segment , & la preuve en subsiste après le choc , dans un cercle coloré qui reste sur le mur & montre toute l'étendue du contact.

Que prouve en effet ce cercle coloré qu'on observe après le retour de la balle ? Il prouve que cette balle s'est aplatie contre le mur & qu'en le touchant selon toute l'étendue de l'aplatissement qui s'est fait , elle

M

a déposé sur lui la couleur dont les parties de la surface aplatie étoient couvertes.

Si le ressort de certains corps se met en jeu & se décide par le choc , ou la compression qu'on leur fait subir , il en est d'autres dans lesquels cette qualité se prouve par le tiraillement qu'on leur fait éprouver. C'est de cette manière qu'on s'assure de l'élasticité d'une corde d'instrument ; mais nous ne parlerons de ce moyen & de ses effets que dans l'Article où nous traiterons du son.

Nous observerons ici , par rapport aux premiers dont nous venons de faire mention , qu'il s'en faut de beaucoup que cette qualité que nous observons en eux , soit parfaite comme

bien d'autres , dont il a été précédemment question , elle n'est que relative ; elle souffre du plus ou du moins jusque dans ceux que nous regardons communément comme très - élastiques.

Il y a plus : cette qualité ne conserve pas toute son intensité dans le même corps ; elle varie selon les différentes circonstances dans lesquelles il se trouve. Il est de fait qu'un corps très-élastique de sa nature , l'est beaucoup moins s'il est chaud que s'il est froid ; ce qui vient manifestement de sa densité qui diminue dans la première & augmente dans la seconde supposition ; car l'expérience nous apprend que l'élasticité augmente dans un corps , à raison

dé sa densité. Un morceau d'acier bien écroui, & conséquemment plus dense qu'avant d'avoir été écroui, est plus élastique qu'il ne l'étoit auparavant cette opération.

J'excepte l'air & tout autre fluide de même espèce, de la règle générale que je viens d'établir. Leur ressort augmente au lieu de s'affoiblir par la chaleur ; mais cet effet dépend de la constitution particulière de ces sortes de fluides dont je parlerai dans un autre moment.

J'observerai encore que l'élasticité des corps diminue à la longue, & à force d'être exercée. Un arc trop long-temps, ou trop souvent tendu, conserve enfin l'inflexion, ou au moins une partie de l'inflexion qu'on



l'a forcé de prendre ; il en est de même de quantité d'autres corps élastiques. Les ressorts d'une voiture s'altèrent avec le temps ; ils deviennent moins lians , & la voiture plus rude. Nous éprouvons la même chose dans la plûpart des meubles que la mollesse prise si fort ; garnis de crin ou de plumes , les coussins de nos ottomanes , de nos bergeres , &c. , perdent à la longue une partie de cette propriété qui nous les rend précieux dans leur nouveauté ; leur élasticité s'affoiblit , & il faut leur donner une nouvelle façon pour les rappeler à leur premier état.

Avant de parler des effets du ressort , relativement au principal objet de ce Chapitre , il seroit naturel d'in

diquer la cause de cette propriété dans les corps, si tant est qu'elle dépende de quelque cause mécanique étrangère à la constitution de ces corps. Or, nous ne manquons point d'hypothèses à ce sujet ; mais nous respectons trop nos lecteurs pour leur en faire part , & mettre leur patience à une si rude épreuve. Voulant cependant qu'ils n'ignorent pas les opinions qui ont eu le plus de célébrité dans l'Ecole , nous leur parlerons des suivantes : & d'abord nous leur dirons que *Descartes* & ses sectateurs font dépendre l'élasticité des corps de la matière subtile qui les pénètre & qui trouvant plus de difficultés en certaines circonstances pour les pénétrer , les force alors à manifester leur élasticité. Rendons

cette idée plus sensible par un exemple.

• Je suppose que je veuille éprouver l'élasticité d'un arc; pour cela je le ploie avec plus ou moins d'effort : en le pliant ainsi, je le courbe de façon qu'il prend une forme convexe d'un côté, & concave de l'autre : les parties de cet arc s'éloignent les unes des autres du côté de sa convexité, & s'approchent au contraire du côté de sa concavité. Leurs pores deviennent donc plus larges, plus ouverts du premier de ces deux côtés, & c'en est assez, dans l'hypothèse de *Descartes*, pour mettre en jeu l'élasticité de cet arc.

Qu'arrive-t-il en effet dans cette circonstance? La matière subtile qui

afflue abondamment par les pores qui sont plus ouverts & qui tend à traverser l'épaisseur de l'arc , fait un violent effort pour sortir du côté où ces pores sont plus étroits. Or , l'effort qu'elle fait vers cet endroit, repousse de droite & de gauche les parties qui s'étoient rapprochées, & l'arc reprend son premier état.

Il faut croire que *Descartes*, ni aucuns de ses sectateurs n'ont point essayé de plier un arc fait d'une matière non élastique; la matière subtile eût joué le même rôle que dans l'hypothèse précédente , & cependant elle n'eût point ramené cet arc à sa première situation.

Le père *Mallebranche*, & plusieurs autres célèbres Physiciens du dernier

siècle , prétendirent qu'il falloit attribuer la cause de l'élasticité à de petits tourbillons de matière dont ils supposoient tous les corps remplis : aplatis par la compression qu'on fait subir aux corps à ressort , ces tourbillons , suivant eux , changent de figure ; ils deviennent ovales , de ronds qu'ils étoient , & leur force centrifuge les ramenant à leur première forme , ils rappellent la figure du corps comprimé ; mais pourquoi , pourrions nous leur demander aussi , ces tourbillons se trouvant comme nichés entre les parties de tous les autres corps , ne produisent-ils pas dans tous le même effet ?

La plupart des plus célèbres Physi-  
ciens actuels font dépendre l'élasti-

cité de l'attraction générale qui mat-  
trise toutes les parties de la matière.

Disons-nous de quelle manière ils  
la font agir ici ? La vénération dont  
nous sommes pénétrés pour eux, nous  
impose silence ; & d'ailleurs , nous  
craindrions de décréditer l'attraction  
si nous en montrions une application •  
aussi vicieuse. Quelle est donc la véri-  
table cause de ce phénomène ? Le  
respect que nous devons à la vérité  
nous force de convenir de notre igno-  
rance , & d'avouer que l'élasticité est  
un mystère que la Nature a dérobé  
jusqu'ici à notre connoissance. Bor-  
nons - nous donc à étudier & à déve-  
lopper ses effets.

Nous avons dit précédemment , &  
nous l'avons confirmé par des obser-

vations constantes, que les parties d'un corps élastique déplacées par l'effort d'un choc qu'on lui fait éprouver, reprennent, après le choc, leur première situation, & que le corps se restitue. Cette restitution le reporte donc en arrière, & lui imprime un mouvement contraire à celui par lequel il s'est approché de l'obstacle qu'il a choqué, & si nous supposons que ce corps soit parfaitement élastique, nous comprendrons qu'il se réfléchit avec une force égale à celle avec laquelle il a été comprimé. Supposons-la parfaite cette élasticité, & on saisira facilement la loi générale à laquelle il est soumis dans sa réflexion; la voici.

*Chaque fois qu'un corps parfaite-*

*ment élastique se réfléchit, son angle de réflexion est égal à son angle d'incidence; c'est-à-dire qu'en se réfléchissant il forme, avec le corps dont il s'éloigne, un angle égal à celui par lequel il s'en est approché.*

La démonstration de cette loi suppose la connoissance de différentes espèces d'angles, & de la manière de les mesurer, connoissance qui appartient à la géométrie. Nous demanderons donc à ceux de nos lecteurs qui n'ont aucune teinture de cette science, qu'ils veuillent bien s'en rapporter à nous sur la qualité & la valeur des angles que nous aurons à indiquer, & ils suivront sans peine la démonstration que nous allons donner.

Cela



Cela posé, il peut se faire qu'un corps élastique choque un plan sur lequel il tombe par une perpendiculaire, ou par une ligne oblique à ce plan. Dans le premier cas, la ligne de chute forme, avec le plan, deux angles droits, un de chaque côté; dans le second cas, elle forme, avec le même plan deux angles, dont l'un est aigu, & l'autre obtus, & c'est selon le premier que le choc se fait. Reprenons.

Point de difficulté pour le premier cas. Personne en effet n'ignore qu'un corps élastique, une bille d'ivoire par exemple, qui tombe sur un plan par une perpendiculaire, ou en parcourant une ligne qui ne panche d'aucun côté sur ce plan, se relève en

Tens contraire par la même ligne selon laquelle il est descendu. Il forme donc en se relevant, les mêmes angles qu'il a formés en descendant & conséquemment deux angles droits, & dans ce cas, son angle de réflexion est égal à son angle d'incidence.

Si le choc se fait par une ligne oblique, la même vérité est également constante, mais plus difficile à saisir & il faut pour la comprendre le secours d'une figure.

Supposons donc que le corps A (*fig. 2*), se mouvant selon la direction A B, vienne frapper en B le plan horizontal F a G d. Alors l'angle A B F, qui se mesure par l'arc A F de 45 degrés, sera son angle d'incidence, ou l'angle que sa ligne de

chûte formera avec le plan horizontal. Or, après le choc, il se réfléchira selon la ligne  $B E$ , également inclinée au même plan  $F a G d$ , & de là je conclus que son angle de réflexion  $F B G$ , qui se mesure par l'arc  $F G$  de 45 degrés, sera égal à son angle d'incidence.

Reste à démontrer maintenant qu'en tombant par la ligne  $A B$ , il ne peut se réfléchir que selon la ligne  $B E$ .

Pour le démontrer, je construis autour de la ligne de chute  $A B$ , le rectangle  $A D B C$ , & je considère qu'en parcourant la ligne  $A B$ , le mobile suit équivalement le même chemin qu'il seroit obligé de suivre s'il étoit poussé en même temps

N ij

par deux puissances, dont l'une le déterminât en D, & l'autre en C, comme nous l'avons démontré en parlant du mouvement composé. Je trouve donc dans son mouvement oblique A B, deux directions; l'une selon A D, parallèle au plan F a G d, l'autre selon A C, perpendiculaire au même plan.

A la place de cette dernière direction A C, qu'il me soit permis de substituer D B, qui lui est égale, & qui la représente parfaitement. Cela posé, je conclus qu'en se portant vers le point B, selon l'oblique A B, & lorsqu'il est arrivé en B, ce corps a équivalement parcouru l'horizontale A D, & la perpendiculaire D B.

Or, de ces deux mouvemens, le mouvement perpendiculaire  $DB$  est le seul par lequel il s'est approché du plan  $F a G d$ , & le seul par lequel il l'a frappé; puisque le mouvement horizontal  $AD$  étant parallèle à ce plan eût constamment retenu le mobile dans le même degré d'éloignement.

Mais dans le choc, le corps choquant ne perd que le mouvement selon lequel il frappe. Le corps  $A$ , dans la supposition présente, ne perd donc, contre l'obstacle  $B$ , que son mouvement perpendiculaire  $DB$ , & conserve tout son mouvement parallèle  $AD$ , avec lequel il continueroit à se mouvoir, après le choc, s'il étoit parfaitement dur, & tel que nous

supposons le plan  $F a G d$ . Mais le corps  $A$  étant regardé comme parfaitement élastique, la restitution de son ressort lui rend, après le choc, & en sens contraire, tout le mouvement perpendiculaire qu'il a perdu. Alors ce nouveau mouvement perpendiculaire se combinant avec le mouvement horizontal qu'il a conservé, doit lui faire parcourir, en sens contraire, une ligne aussi inclinée que la ligne  $A B$ , sur le plan  $F a G d$ . D'où je conclus qu'il doit se réfléchir selon la ligne  $B E$ , & faire son angle de réflexion égal à son angle d'incidence.

On démontre cette loi en Physique, par le moyen d'une machine que nous avons décrite dans notre *Description*.

*Et usage d'un cabinet de Physique ; mais cette machine ne satisfait que très-imparfaitement à la théorie , & cela , parce que ni le plan de marbre qui fait l'obstacle , ni la bille d'ivoire dont on se sert pour cette expérience , n'ont point les qualités qu'ils devroient avoir ; l'un n'est point parfaitement dur , & l'autre parfaitement élastique. Cette machine n'est qu'une machine de curiosité. Tout bien considéré cependant , ce défaut d'exactitude dans l'expérience tourne à l'avantage de la théorie qui seroit fausse si l'expérience réussissoit parfaitement.*

La loi que nous venons d'établir est une des plus importantes à connoître en Physique. C'est sur cette

loi générale du mouvement réfléchi que sont fondés tous les phénomènes de la *Catoptrique*, ceux que les miroirs de toute espèce nous font observer par rapport aux rayons de lumière qu'ils réfléchissent , phénomènes curieux, souvent extraordinaires, & dont nous parlerons dans une autre circonstance.

Après avoir exposé les loix des différentes espèces de mouvemens auxquelles les corps sont assujettis, il est naturel de parler des obstacles qui s'opposent à la perpétuité du mouvement, & de ceux qui altèrent, qui changent la direction d'un mobile. Parlons d'abord des premiers.





## CHAPITRE SEPTIÈME.

*Des obstacles à la perpétuité du  
Mouvement.*

A ne considérer que cette indifférence passive pour toute modification quelconque & qui fait un des caractères , un des attributs essentiels de la matière , on aura peine à concevoir qu'un corps une fois mis en mouvement , ne persévère pas à perpétuité dans cet état, & loin d'être un problème insoluble , comme on l'a cru jusqu'à présent , on regardera le mouvement perpétuel comme l'état naturel d'un corps une fois arraché à

N v

celui du repos dans lequel il étoit avant de se mouvoir. )

Il est de toute évidence qu'un corps ne résiste pas davantage à conserver, qu'à recevoir la force qui le fait mouvoir. Il doit donc après l'avoir reçue la conserver telle qu'il l'a reçue, & conséquemment elle doit produire sur lui, dans le second instant & dans tous les instans suivans, sans qu'on puisse assigner le dernier; elle doit, dis-je, produire le même effet qu'elle a produit dans le premier instant. D'où je conclus qu'il doit se mouvoir à perpétuité, & avec sa vitesse initiale.

Ce raisonnement seroit on ne peut plus juste dans un état de précision, & il n'y a aucun doute, qu'abstrac-

tion faite de tout obstacle étranger, le mouvement une fois produit ne se conservât à perpétuité dans un corps; mais, dans l'état présent des choses, le corps en mouvement rencontre des obstacles de différentes espèces, qu'il ne peut éviter, & ces obstacles lui enlevant progressivement une partie de la force qui l'anime, le conduisent nécessairement à l'état de repos dont cette force l'avoit fait sortir.

Il s'agit donc de les connoître; ces obstacles, & nous allons les indiquer. Le premier vient de la part du milieu dans lequel un corps se meut, & il est absolument inévitable. Le second dépend des frottemens que le mobile éprouve lorsqu'il se meut

sur d'autres corps. Celui-ci peut se modérer ; mais il est impossible de le réduire à zéro. Le troisième se joint quelquefois aux précédens ; il consiste dans la rencontre de différens corps qui se trouvent sur le passage du mobile , & qu'il est obligé de déplacer pour continuer sa route. Or , il ne peut les déplacer qu'en leur communiquant & conséquemment qu'en perdant une portion de la force qui le fait mouvoir. Voilà donc trois obstacles qui s'opposent à la perpétuité du mouvement , obstacles que le Physicien , & sur-tout le Mécanicien doit savoir apprécier. Il trouvera , dans les trois Sections suivantes , des principes qui le conduiront à cette connoissance.

## P R E M I È R E S E C T I O N.

*De la résistance des Milieux.*

ON entend par *milieu* tout fluide dans lequel un corps se meut. L'air ou l'eau sont ceux qui méritent particulièrement ici notre attention, comme ceux dans lesquels presque tous les mouvemens s'exécutent, le plus grand nombre cependant dans l'air. Or, quoique la résistance de ce fluide ne paroisse pas fort sensible au premier aspect, sur-tout lorsqu'il est calme, tranquille, & que le mobile n'a point à lutter contre le vent ou l'agitation de l'air, cette résistance n'en est pas moins réelle, & quelque petite qu'elle soit, à chaque instant pendant lequel il se meut.

elle augmente progressivement comme le nombre de ces instans , ou comme l'espace qu'il parcourt dans ce milieu ; puisqu'à chaque instant il est obligé d'en déplacer un volume égal à son propre volume. Or , cette résistance ne peut s'accroître ainsi , que la force imprimée au mobile pour se mouvoir ne diminue dans la même proportion ; il n'est donc point étonnant de voir la vitesse d'un corps qui se meut dans l'air , se ralentir progressivement & finir par s'éteindre.

Toutes choses égales d'ailleurs , on conçoit que plus le mobile aura de surface , & plus il éprouvera de résistance de la part de l'air dans lequel il se mouvra. Sa surface en effet étant plus grande , elle aura

un plus grand nombre de parties à déplacer dans le même temps ; puis-que , plongée dans ce milieu , tous les points de cette surface correspondent à quelques-unes de ses parties. Or, chacune d'elles opposant la même résistance à son déplacement, la résistance du milieu augmentera comme le nombre des parties à déplacer, ou comme la surface du mobile.

L'expérience confirme cette vérité. Le volant d'une horloge se meut sensiblement plus vite , si ses ailes présentent leur tranchant à l'air qu'elles divisent au lieu de lui présenter toute l'étendue de leurs surfaces.

Personne n'ignore qu'un fusil chargé à balle porte plus loin que s'il est

chargé de menu plomb , en supposant la même charge de poudre , également bien bourrée dans les deux circonstances. Or , d'où vient cette différence , si ce n'est de la résistance de l'air qui est plus considérable dans le second que dans le premier cas ; & pourquoi cette résistance est-elle plus considérable par rapport au menu plomb , que par rapport à la balle ? C'est que la charge de menu plomb présente beaucoup plus de surface que la balle à l'air qu'elles ont l'une & l'autre à traverser pour atteindre le but.

Je veux jeter d'un bout d'une salle à l'autre un corps léger , mais très-volumineux , & il tombe en chemin : Je le ramasse , je le plie , je le roule



sur lui-même, & je parviens à le lancer jusqu'au bout de la salle. Dans le premier cas, il présentoit trop de surface à l'air qu'il avoit à traverser, & cette résistance l'a arrêté dans son trajet. Dans le second cas, il présentoit moins de surface, il a éprouvé moins de résistance, & il est parvenu à sa destination.

On voit donc par ces exemples, & par bien d'autres, que je passe sous silence parce qu'ils se présentent trop habituellement sous nos yeux, qu'une plus grande surface, toutes choses égales d'ailleurs, éprouve plus de résistance de la part de l'air qu'une surface plus petite. Mais cette résistance croît-elle exactement comme la grandeur de la surface augmente?

Au défaut de l'expérience, qui n'est cependant pas impossible à faire, mais pour laquelle les Physiciens n'ont point encore imaginé de machines assez exactes, le raisonnement atteste l'affirmative; il prouve que la résistance du milieu suit les mêmes degrés d'accroissemens que la surface du mobile, & je m'en tiens à la raison que j'en ai donnée ci-dessus.

Un autre objet à considérer, & qui ne doit point être négligé, lorsqu'on veut estimer la résistance que l'air peut faire éprouver à un mobile qui se meut dans son sein, c'est la vitesse avec laquelle il se meut, & cette considération est d'autant plus importante, que la résistance du milieu croît selon une plus haute pro-

portion que la vitesse. Une vitesse double , en effet , occasionne une résistance quadruple ; & pour indiquer comment cette résistance augmente à raison de la vitesse du mobile , je dis , & je vais prouver que la résistance de l'air , ou de tout autre milieu, toutes choses égales d'ailleurs, croît comme le quarré de la vitesse du mobile.

On conçoit que , muni d'une plus grande vitesse , le mobile parcourt plus d'espace dans le même temps , & conséquemment déplace un plus grand nombre de parties qui lui font éprouver chacune la même résistance. Par cela seul , la résistance augmente comme l'espace parcouru ou comme la vitesse. On conçoit encore que ,

doué d'une plus grande vîtesse , il se meut avec une force , une quantité de mouvement proportionnellement plus grande , comme nous l'avons démontré ci-dessus. Il agit donc proportionnellement davantage contre chaoune des parties qu'il déplace , & il leur communique à chacune proportionnellement plus de force. Réunissant donc ces deux circonstances , qui ne doivent point être séparées , il perd de sa force , & à raison du nombre de parties qu'il repousse , & à raison de la force avec laquelle il les repousse.

Or , si on ajoute ensemble ces deux pertes , on trouvera que leur somme est égale au quarré de la vîtesse du mobile. Je suppose, en effet ;

qu'un mobile se meuve trois fois plus vite ; & conséquemment avec trois fois plus de force : à raison de sa triple vitesse, il parcourra un espace triple, & déplacera trois fois plus de parties dans le même-temps : il perdra donc trois fois davantage de sa force. Mais comme cette force est aussi trois fois plus grande, il agira trois fois davantage, ou trois fois plus fortement sur chacune des parties qu'il déplacera ; il perdra donc trois fois davantage de sa force sur chacune d'elles. Mais perdre trois fois plus de sa force sur un nombre de partie trois fois plus grand, c'est en perdre neuf fois davantage. La résistance du milieu sera donc comme 9 , lorsque la vitesse sera

comme 3, or, 9 est le quarré de trois, ou le produit de 3 par 3, d'où je conclus que la résistance du milieu augmente comme le quarré de la vitesse.

Elle doit donc être bien considérable cette résistance, lorsque la vitesse du mobile devient très-grande, comme il arrive, par exemple, à la grêle qui tombe d'un mouvement accéléré, & d'une très-grande hauteur. Sa vitesse, & conséquemment la force avec laquelle elle devroit nous frapper, augmente dans tous les instans de sa chute, conformément aux loix de la pesanteur; mais par un bienfait signalé de la providence, la résistance qu'elle éprouve de la part du milieu, croissant comme le quarré

de sa vitesse, elle ralentit considérablement celle-ci, & ne lui permet d'arriver sur la terre qu'avec une force incapable de nous blesser, en supposant que sa masse ne soit point très-grosse.

Que d'applications plus curieuses les unes que les autres se présentent ici. Nous les abandonnons à la sagacité de nos lecteurs, dans la crainte de devenir prolixes. La seule résistance que l'air fait éprouver aux mouvemens rapides des ailes des oiseaux, résistance qui les met en état de se soutenir dans le sein de ce fluide, dont la pesanteur est considérablement moindre que la leur, fourniroit matière à une très-longue digression ; mais nous renfermant dans les

- bornes que nous nous sommes prescrites, nous passons à deux autres considérations qui méritent toute notre attention.

Celles-ci tombent sur la nature ou les qualités du milieu. Nous n'avons point parlé de la viscosité de l'air, c'est-à-dire de la ténacité de ses parties, parce qu'elle est insensible, je dirois même invariable; nous n'avons rien dit de sa densité, bien que ce soit la cause première de la résistance qu'elle oppose au mouvement d'un mobile, parce que nous l'avons supposée constante, & que nous l'avons prise pour base des règles que nous venons d'établir; mais s'il s'agit de celles qui concernent les différentes espèces de milieux dans lesquels les corps



corps peuvent se mouvoir il faut avoir égard à leur viscosité & à leur densité.

Et d'abord à leur viscosité ; on conçoit en effet, que plus un milieu sera visqueux , plus ses parties auront d'adhérence entre elles , & plus elles opposeront de résistance à leur séparation , & conséquemment plus le mobile qui se mouvra dans son sein , éprouvera de difficulté à s'y mouvoir. L'expérience prouve manifestement qu'un corps qui se meut dans de l'huile très-grasse , par exemple , s'y meut plus difficilement que dans une semblable masse d'eau , & cependant cette huile est plus légère ou contient moins de parties sous le même volume. Cet excès de résistance

ne peut donc être attribué qu'à la plus grande adhérence des parties de l'huile , ou à la plus grande viscosité de ce milieu.

De là on conçoit que tout ce qui sera capable de diminuer ou d'augmenter cette adhérence , influera nécessairement sur la résistance d'un pareil milieu. La chaleur & le froid produisent communément ces deux effets. La plupart des huiles sont moins coulantes , & conséquemment plus visqueuses pendant l'hiver que pendant l'été. Il faut donc avoir égard à ces deux circonstances lorsqu'il s'agit de déterminer la résistance que peuvent faire éprouver à un mobile des milieux de cette espèce.

En général, cette résistance est constante & uniforme , tant que le mobile demeure plongé dans le même milieu. Elle se mesure donc par le temps pendant lequel il s'y meut.

Je dis, en second lieu , qu'il faut avoir égard à la densité du milieu ; j'entends par sa densité la quantité de parties qu'il renferme sous un volume donné. Il fera donc une fois plus dense si , sous le même volume , il contient une fois plus de parties , & dans ce cas il fera éprouver une résistance double au mobile , puisqu'à chaque instant celui-ci aura une fois plus de parties à déplacer , & que chacune de ces parties s'opposera également à son déplacement.

La résistance qui provient de la densité du milieu, suit donc la raison directe de la densité : elle croît comme cette densité augmente. C'est ce que le savant *Newton* a parfaitement démontré, en prouvant que le mercure, qui est près de quatorze fois plus dense que l'eau, résiste près de quatorze fois plus qu'elle, à raison de sa densité.

On fait en Physique des expériences qui tendent à confirmer cette vérité ; mais elles n'en prouvent qu'une partie ; elles prouvent seulement que, toutes choses égales d'ailleurs, la densité du milieu étant plus grande, la résistance qu'il oppose au mouvement du mobile devient plus grande ; mais elles ne prouvent point

que cet accroissement soit en proportion exacte avec la densité du milieu. Au reste , cette vérité est si bien démontrée par le raisonnement , que l'expérience devient inutile.

En résumant tout ce que nous avons dit dans ce Chapitre , on en conclura que la viscosité du milieu & sa densité , jointes à la surface du mobile & à la vitesse avec laquelle il se meut , en supposant toutefois que ce milieu soit tranquille ou dans un état de repos , sont les élémens qui doivent entrer dans le calcul de la résistance qu'il fait éprouver à un mobile , & les principes que nous avons établis sur ces points , dirigeront facilement le travail de ceux qui voudront calculer cette

résistance dans une supposition donnée. Je passe maintenant à la considération du second obstacle qui s'oppose à la perpétuité du mouvement.

## S E C O N D E   S E C T I O N.

*De la Résistance occasionnée par les frottemens.*

On distingue , en Méchanique , deux espèces de frottemens ; l'un qu'on appelle *de la première espèce* , laquelle a lieu lorsque toute la surface d'un corps s'appuie en se mouvant sur la surface d'un autre. C'est ce qu'on remarque , par exemple , dans une poutre qu'on tire & qu'on fait avancer sur un plan. L'autre qu'on

nomme de la seconde espèce, se fait remarquer lorsque les différentes parties du mobile ne s'appuient que successivement sur les parties correspondantes d'un autre corps. La roue d'un carrosse qui tourne sur son essieu, en fournit un exemple familier. Les parties de sa circonférence ne s'appliquent & ne frottent que les unes après les autres sur le pavé.

On peut toujours changer une espèce de frottement pour l'autre, mais on ne peut les éviter toutes deux, dès qu'il s'agit de faire mouvoir un corps sur un autre. De quelque espèce que soit le frottement, on peut diminuer une partie de la résistance qu'il occasionne, mais on ne peut la réduire à zéro. De quelque

manière en effet qu'un corps se meuve sur un autre, les aspérités de leurs surfaces ( & il n'est aucun corps assez poli pour n'avoir aucune aspérité ) leurs aspérités, dis-je, s'engagent réciproquement. Il se forme donc une espèce d'engrainage entre eux, & cet engrainage doit nécessairement être surmonté pour que le corps se meuve. Or, c'est l'effort employé à le surmonter qui produit la résistance dont il est ici question.

Toutes choses égales d'ailleurs, cette résistance est plus grande dans le frottement de la première espèce que dans celui de la seconde. On démontre cette vérité, & de la manière la plus satisfaisante, à l'aide d'une superbe machine qu'on



appelle *Machine des frottemens*. Sans avoir recours à cet appareil, qu'une simple description ne feroit point suffisamment connoître, je ne veux, pour prouver la même chose, que quelques réflexions universellement connues, & je suis persuadé qu'elles mettront en évidence la vérité que je veux établir.

Un charpentier veut amener une poutre qui se trouve à quelque distance de l'endroit où elle doit être posée; il sent d'avance toute la résistance qu'elle lui feroit éprouver, s'il la tiroit à lui, en la laissant frotter de toute sa longueur sur le terrain. Que fait-il donc? Il commence par la soulever, & par engager dessous deux ou trois rouleaux de bois sur les-

quels il la laisse porter , & ensuite. il la fait avancer sur ces rouleaux ; alors elle se meut & plus vite & avec plus de facilité.

D'où vient cette différence ? Elle ne vient certainement pas de la poutre qui , dans ces deux circonstances , résiste également, par sa masse ou son poids , au mouvement qu'on veut lui communiquer. Elle ne vient donc que de la différence du frottement qu'on lui fait éprouver. En s'avancant sur des rouleaux , son frottement est de la seconde espèce : il eut été de la première , si on l'eut laissé traîner de toute sa longueur sur le terrain,

Que fait un voiturier qui veut descendre une montagne , lorsque sa

voiture est fort chargée Il commence par enrayer , c'est - à - dire , par barrer les roues de la voiture , de façon qu'elles ne puissent tourner sur leur essieu , & alors elles s'avancent en glissant sur le pavé. Il change donc le frottement de la seconde espèce qu'elles éprouvent dans leur état naturel , en un frottement de la première espèce. Et pourquoi ? Parce que le frottement qu'il leur procure étant beaucoup plus grand , le mouvement de la voiture devient plus difficile , & la garantit d'être entraînée par la pente ou la déclivité de la montagne.

Voilà donc deux pratiques fort grossières , à la vérité , mais simples , faciles à saisir , & qui prouvent incont

restablement que , toutes choses égales d'ailleurs , le frottement de la première espèce occasionne plus de résistance au mouvement d'un corps que celui de la seconde espèce.

De là , je conclus que toutes fois qu'on aura à ménager la force d'une puissance destinée à faire mouvoir une machine , il faut éviter , autant qu'il sera possible , ( & avec plus de dépense , il le fera toujours ) les frottemens de la première espèce , entre les parties mobiles de la machine.

C'est une attention qu'on ne néglige point impunément en quantité de circonstances , sur-tout dans la construction des poulies dont on se sert journellement , pour élever des fardeaux

fardeaux à quelque hauteur que ce soit. Au lieu d'être percées à leur centre, de se mouvoir & de rouler circulairement sur leur axe, comme il n'arrive que trop fréquemment à la plupart des poulies, je voudrois que cet axe fût fixé au centre de la poulie, & au lieu de faire tourner cet axe plus ou moins librement dans les yeux de la châsse, où il éprouve un frottement de la première espèce, je voudrois que ses pivots fussent appuyés sur des rouleaux mobiles, sur lesquels ils feroient des oscillations alternatives. Le frottement seroit alors de la seconde espèce & on diminueroit de beaucoup la force que les hommes sont obligés d'employer pour

élever des fardeaux avec de pareilles machines.

Il n'y a personne qui ne sente l'avantage de cette pratique. Tous les Mécaniciens la recommandent. Pourquoi, depuis le temps qu'elle est connue, & sur-tout si fortement recommandée, ne la met-on point en usage, & laisse-t-on toujours les malheureux exposés à s'épuiser de fatigues, lorsqu'il seroit si facile de les soulager ?

Je le dirai, à la honte de l'humanité : des poulies montées de cette manière deviendroient beaucoup plus coûteuses, & ceux qui en feroient la dépense, ne seroient point ceux qui en profiteroient. Qu'on ne me reproche point ici la liberté avec

laquelle je m'explique sur la conduite qu'on tient journellement envers une classe d'hommes condamnée aux travaux les plus rudes : l'humanité me l'ordonne, & jamais circonstance plus favorable ne se présenta de défendre la cause des malheureux. Je parle à un sexe compatissant, qui se fait un devoir & un plaisir de les soulager. Je me flatte donc qu'il prendra leur intérêt en cette circonstance, & que le désir de lui plaire, qui maîtrise tous les hommes, fera ce que les meilleurs raisonnemens n'ont pu faire jusqu'ici.

De quelque espèce qu'étoit le frottement, son effet, ou la résistance qui en résulte, augmente à raison

des âperités des surfaces frottantes : plus en effet elles sont âpres , inégales , raboteuses , plus le frottement devient rude & difficile à vaincre ; aussi le Mécanicien , pour peu qu'il soit instruit , a-t-il soin d'adoucir & de polir , autant qu'il lui est possible , ces sortes de surfaces.

C'est encore dans la même vue qu'il les enduit d'huile , de savon , ou de graisse , suivant les matières dont elles sont faites. Une porte roule plus facilement sur ses gonds , lorsque ses pentures sont huilées ; une boîte s'ouvre plus aisément lorsque ses feuilures sont savonnées , les roues d'un carrosse ou d'une chaise de poste veulent être graissées pour que leurs



mouvemens foient plus libres , & en même-temps pour qu'elles foient moins expofées à l'action de la chaleur que le frottement excite , & qui les embraseroit enfin.

Si on doit avoir égard à l'étendue des fuffaces frottantes , lorsqu'il s'agit d'eftimer la grandeur des frottemens , l'expérience nous apprend que , toutes chofes égales d'ailleurs , cette confidération entre pour peu de chofe dans cette eftimation. En doublant les fuffaces , il s'en faut de beaucoup que le frottement foit doublé. J'aurois peine à en donner la raifon ; mais en Phyfique , c'eft à l'expérience qu'on doit s'en rapporter.

Il n'en eft pas de même des preffions qu'ont à fupporter les par-

ries frottantes ; elles augmentent considérablement le frottement. Dans la construction des machines en grand , on l'évalue au tiers de la charge , & d'après l'expérience , c'est à peu de chose près l'effet qu'elle produit.

On conçoit facilement que cet effet ne peut être , à beaucoup près , aussi sensible dans les petits modèles qu'on fait assez communément des grandes machines , & c'est précisément ce qui induit souvent en erreur quantité de Machinistes qui n'ont que leur génie , l'imagination dont la nature les a favorisés , pour se conduire dans leurs travaux ?

Les modèles qu'ils présentent sont séduisans ; ils répondent admirable-

ment bien au projet , au but auquel on se propose d'atteindre ; mais vient-on ensuite à les exécuter en grand : malheur à celui qui s'est laissé surprendre , & qui en a fait les frais ; la puissance indiquée par le modèle n'est point en état de produire son effet , & cela précisément parce que le Machiniste n'a point su apprécier la valeur des frottemens occasionnés par la charge ou par les pressions.

Ce seroit ici que cette vérité paroîtroit dans tout son jour , si je rapportois les résultats des expériences qu'on fait communément avec la machine indiquée ci-dessus ; mais , pour saisir ces résultats , il faudroit avoir cette machine sous les yeux , & être témoin de ses effets. Je préfère

donc encore m'en tenir au moyen dont je me suis servi précédemment , à des observations connues & que tout le monde peut saisir facilement.

La pression peut augmenter de deux manières dans une machine ; par le poids des parties qui entrent dans sa composition , ou par le peu de liberté qu'on donne à ces parties pour se mouvoir les unes sur les autres. Un pivot , par exemple , qui roule dans un trou trop petit , presse les parois de ce trou , & cette pression équivaut à celle d'un poids proportionné qui l'appuieroit contre le fond du même trou : or , en considérant sous ce point de vue les effets de la pression entre les parties d'une machine , quantité

d'observations , qui se présentent sous ma plume , viennent , on ne peut mieux , à l'appui de notre théorie.

J'observe donc que les pendules & les montres retardent assez communément pendant l'été , sur-tout lorsqu'elles sont neuves & travaillées avec soin : & pourquoi retardent-elles ? le voici : la chaleur dilate les métaux , nous en donnerons une preuve convaincante lorsque nous traiterons du feu : en conséquence de cette dilatation , les platines acquièrent de plus grandes dimensions , & les trous qui y sont creusés diminuent de grandeur. Les pivots qui roulent dans ces trous augmentent en même - temps de grosseur ; ils y sont donc plus pressés

& moins libres , & conséquemment ils y éprouvent plus de frottement , ce qui augmente la résistance qu'ils opposent au ressort qui les fait mouvoir , & occasionne le retard du rouage.

Je tourne un morceau de métal , d'ivoire , ou de toute autre matière , entre deux pointes. La pièce se meut d'abord avec assez de facilité ; mais peu à peu elle s'échauffe ; en s'échauffant elle s'allonge ; en s'allongeant elle est plus pressée entre les deux pointes ; elle éprouve alors un plus grand frottement , & elle ne tourne plus avec la même liberté.

Ces deux exemples suffisent , ils prouvent manifestement que la pression augmente la grandeur des frotte-

mens : à la vérité ils ne nous indiquent point précisément à quel point peut aller cette augmentation ; mais ils en disent assez à l'Amateur, sur une théorie qui n'intéresse que le Mécanicien, & qu'on ne peut bien étudier que dans les ouvrages des Mathématiciens, & encore en consultant l'expérience. Je passe donc au troisième obstacle qui s'oppose à la perpétuité du mouvement.

### TROISIÈME SECTION.

*De l'obstacle au mouvement occasionné  
par la rencontre de différens corps.*

Un corps en mouvement qui en  
rencontre un autre sur son passage,

R vj

ne peut continuer à se mouvoir , qu'il ne déplace celui qu'il rencontre , & qui lui fait obstacle ; mais pour le déplacer , il faut de toute nécessité qu'il lui communique , & conséquemment qu'il perde une portion de la force qui l'anime , & qu'il a reçue pour se mouvoir : or , quelle portion de cette force doit - il lui communiquer ? c'est la première & la principale des questions qui se présentent ici , & à laquelle nous allons répondre.

Et d'abord j'observe que dans cette circonstance l'obstacle doit être levé de manière à ce qu'il soit entièrement détruit , ou qu'il cesse de s'opposer au mouvement du mobile ; d'où je conclus que celui-ci



doit lui communiquer assez de force pour le faire mouvoir avec une vitesse égale à la sienne.

La question se réduit donc à déterminer la quantité de force qu'il faut imprimer à un corps pour le faire mouvoir avec une vitesse donnée ? or , d'après les principes établis précédemment , cette force doit être relative à la masse de ce corps ; puisqu'elle doit se distribuer uniformément entre chacune de ses parties , & qu'elle devient d'autant plus petite , & produit d'autant moins d'effet , ou de vitesse , que le nombre de ces parties est plus grand.

Cela posé , nous assurerons , comme une vérité constante , que dans la

rencontre de deux corps, quelles que soient leurs masses, le mouvement du mobile doit se communiquer selon le rapport de ces masses. Sont-elles égales, le corps choquant doit communiquer au corps choqué la moitié de la force avec laquelle il le choque.

De là on conçoit que si ce dernier est en repos, le corps choquant lui communiquera la moitié de la force avec laquelle il se meut ; mais si l'on suppose le corps choqué déjà en mouvement, & dans le même sens que le corps choquant, celui-ci ne l'atteignant que par son excès de vitesse, il ne lui communiquera que la moitié de la force qui produit en lui cet excès de vitesse, &

après le choc, on les verra l'un & l'autre continuer à se mouvoir dans le même sens, & avec des vîtesſes égales.

Conſervant l'égalité des maſſes, ſuppoſons que les deux corps ſe meuvent en ſens contraire : dans cette ſuppoſition, les forces égales & oppoſées ſe détruiraient mutuellement & ſe réduiraient à zéro. De là les deux corps reſteraient en repos après le choc, ſi leurs vîtesſes ſont égales, en ſuppoſant cependant que ces corps ſoient dépourvus de reſſort; que ce ſoient des corps durs ou des corps mous. Dans un moment nous indiquerons ce qui arriveroit ſ'ils étoient doués d'élaſticité ou de reſſort.

Supposons maintenant que les masses restant encore égales, leurs vitesses fussent inégales : dans ce cas les forces seroient entre elles comme les vitesses, & conséquemment ces corps se choqueroient avec des forces inégales. Que s'ensuivroit-il ? le voici : le plus foible des deux perdrait la totalité de sa force dans le choc , & le plus fort ne perdrait de la sienne qu'une quantité égale à celle du plus foible , le surplus se partageroit également entre les deux corps , & l'un & l'autre , après le choc , se mouvroient dans la direction du plus fort , avec une vitesse égale à la moitié de l'excès de la plus grande sur la plus petite vitesse.

Un exemple rendra cela plus sensible; je suppose donc que deux masses égales viennent se heurter en sens contraire, avec des vitesses inégales, l'une avec une vitesse comme huit, l'autre avec une vitesse comme deux; leurs forces seront entre elles comme huit est à deux. Dans ce cas, l'une & l'autre perdront, dans le choc, deux degrés de force. L'une des deux masses perdra donc la totalité de la sienne, & sera réduite au repos, tandis que l'autre, conservant six degrés de sa force, en communiquera la moitié, ou trois degrés, à la première, & l'une & l'autre, après le choc, se mouvront dans la direction de celle qui avoit plus de force, avec

une vitesse comme trois, ou avec la moitié de l'excès de la plus grande sur la plus petite vitesse.

En développant les principes que nous venons d'exposer, il sera facile d'en faire l'application à des corps dont les masses seroient inégales, si on ne perd point de vue que, dans le choc, les forces se partagent selon le rapport des masses. Je passe donc aux effets du choc entre des corps élastiques.

Pour les bien saisir, il faut se rappeler ce que nous avons dit précédemment relativement à ces sortes de corps qui se compriment dans le choc, se restituent ensuite, & se portent en sens contraire. Il faut, outre cela, les supposer autres qu'ils

ne sont véritablement , je veux dire parfaitement élastiques, & tels que la restitution soit parfaitement égale à la compression , ou que la force avec laquelle ils se restituent soit égale à celle avec laquelle ils sont comprimés par le choc.

Cela posé , nous comprendrons facilement que cette restitution se fait en faveur du corps choqué, & au détriment du corps choquant; elle double l'effet de la communication du mouvement par rapport au premier; elle le sollicite, en effet, à se mouvoir dans le même sens, & elle lui communique une force égale à celle qu'il a reçue dans le choc. Quant au corps choquant, elle lui enlève une force

égale à celle qu'il a communiquée dans le choc, & elle tend à le mouvoir dans une direction contraire à la sienne. Le corps choqué se mouvra donc, après le choc, avec une vitesse double de celle qu'il aura acquise par le choc; tandis que le corps choquant demeurera en repos, ou continuera à se mouvoir dans le même sens, ou enfin se mouvra en sens contraire, ce qui dépendra du rapport de sa masse à celle du corps choqué. C'est une affaire de calcul qu'on fera facilement par les exemples que nous allons rapporter.

Je suppose d'abord deux masses égales & parfaitement élastiques, l'une en repos, l'autre animée d'une



vitesse comme six , avec laquelle elle viendra heurter celle qui est en repos ; elle lui communiquera la moitié de sa force , & le ressort de l'une & de l'autre sera tendu avec une force comme trois. Abstraction faite de ce ressort , elles se mouvroient toutes les deux après le choc avec une vitesse comme trois , selon la direction du corps choquant ; mais la restitution de chaque ressort étant égale à sa compression , celui du corps choqué ajoute trois nouveaux degrés de vitesse à celle qu'il a reçue du corps choquant , il se mouvra donc avec une vitesse égale à six , ou à celle qu'avoit le corps choquant avant le choc.

Quant à celui-ci, la moitié de sa force qu'il avoit conservée dans le choc pour continuer à se mouvoir dans le même sens, lui est enlevée par la restitution de son ressort qui tend à le porter en sens contraire. Il demeurera donc en repos après le choc, & voilà le premier des trois cas que nous venons d'indiquer. La supposition suivante nous montrera le second.

Je suppose encore deux corps parfaitement élastiques, mais dont les masses soient différentes, l'une double de l'autre, par exemple : je laisse la petite en repos, & j'imprime six degrés de vitesse à la plus grosse, avec lesquels elle viendra heurter la petite. Qu'arrivera-t-il après le

choc , le voici : le corps choqué se mouvra dans la direction du corps choquant , avec huit degrés de vitesse , & celui-ci continuera à se mouvoir avec deux degrés de vitesse.

Quelque compliquée qu'elle soit , la raison de ces deux phénomènes peut se saisir aisément , & d'abord les masses étant dans le rapport de 2 à 1 , la première , munie de six degrés de vitesse , a nécessairement douze degrés de force , produit d'une masse 2 par 6 degrés de vitesse. C'est donc avec une force comme 12 que le corps choquant vient frapper le corps choqué en repos : or , le mouvement se communiquant dans le choc , selon le rapport des masses ,

la communication doit être , dans l'hypothèse actuelle , égale à quatre degrés , tiers de douze , parce que les masses étant dans le rapport de 2 à 1 , la petite n'est que le tiers d'un tout , dont la grosse est les deux tiers. En vertu donc de la force qui lui est communiquée , la petite masse devoit se mouvoir avec quatre degrés de vitesse ; mais la restitution de son ressort lui imprime quatre nouveaux degrés de force ; elle doit donc , après le choc , se mouvoir avec huit degrés de vitesse.

Reste à prouver maintenant que la grosse masse ne peut continuer à se mouvoir dans le même sens , qu'avec deux degrés de vitesse.

Munie ,

Munie , avant le choc , de douze degrés de force , elle se mouvoit avec six degrés de vitesse ; parce que ces douze degrés de force étoient distribués entre deux degrés de masse. Dans le choc ; elle communique quatre degrés de sa force , il ne lui en reste donc que huit avec lesquels elle conserveroit quatre degrés de vitesse ; mais de ces huit degrés de force , la restitution de son ressort , qui tend à la porter en sens contraire , lui en enlève quatre ; il ne lui en reste donc que quatre qui ne peuvent la faire mouvoir , dans le même sens , qu'avec deux degrés de vitesse.

Développons enfin la circonstance dans laquelle elle seroit reportée

Q

en arrière, & ce sera par là que nous terminerons ce que nous nous sommes proposés de dire sur une matière aussi épineuse, qui est plus du ressort des Mathématiques que de la Physique, mais dont nous n'avons pas cru pouvoir nous dispenser de donner une idée suffisante à nos Lecteurs.

Les mêmes masses se prêteront parfaitement à l'état de la question. Il ne s'agit que de leur faire changer de fonction. Nous supposérons donc que la grosse masse, ou la masse comme 2 soit en repos, & que la petite, ou la masse comme 1, vienne la choquer avec une vitesse comme fix; dans ce cas, la grosse se mouvra après le choc, selon la direction

de la petite , avec une vitesse comme 4, & la masse choquante retournera en arrière avec une vitesse comme 2.

La première , en effet , étant égale à 1 , sa force ne sera point différente de sa vitesse ; elle choquera donc la masse comme 2 , avec une force comme six , & cette force se distribuant selon le rapport des masses , le corps choqué recevra , dans le choc , quatre degrés de force , ou les deux tiers de la force du corps choquant ; mais ces quatre degrés de force ayant à transporter une masse comme 2 , ne pourront la faire mouvoir qu'avec une vitesse comme deux , & la restitution de son ressort

Q ij

doublant cet effet , elle se mouvra avec une vitesse comme 4.

Quant au corps choquant qui ne conserve , après le choc , que deux degrés des six degrés de force dont il étoit animé avant le choc , il continueroit à se mouvoir dans le même sens avec deux degrés de vitesse , si la restitution de son ressort , qui est égale à la compression ou au mouvement communiqué , c'est-à-dire à 4 , ne le reportoit en arrière avec une force comme 4 : or , de ces quatre degrés deux sont détruits par les deux qui restent au mobile ; il n'est donc reporté en arrière qu'avec deux degrés de vitesse.

Ces exemples suffisent pour mettre



nos Lecteurs à portée d'en développer un plus grand nombre, & de saisir tous les effets qui peuvent résulter du choc entre toute espèce de corps, choc qui s'oppose plus ou moins à la perpétuité du mouvement, & c'est assez nous être arrêté sur cette matière. Parlons maintenant des obstacles qui changent ou qui altèrent sa direction; ce sera le sujet du Chapitre suivant.

*Fin du Tome premier.*

## ERRATA.

Page 17, ligne 7, & a démontré,  
lisez, & démontra.

Page 63, ligne 9 & 10, s'évapor-  
tant, lisez, s'évaporant.

Page 65, ligne 17, servir, lisez,  
servir.

Page 146, ligne 10, dont les  
quarres, lisez, le quarré.

Page 158, ligne dernière, l'ins-  
crivent, lisez s'inscrivent.

# TABLE

## DES MATIERES.

**O**BJET de la Physique, manière  
d'étudier cette science, pag. 1

PREMIERE PARTIE. *Physique Gé-*  
*nérale,* 10

CHAPITE PREMIER. *Des principes*  
*des corps,* 11

CHAPITRE SECOND. *Des propriétés*  
*générales de la matière,* 25

Première Section. *De l'étendue & de*  
*la figure des corps,* 26

Seconde Section. *De la divisibilité*  
*des corps,* 32

Troisième Section. *De la porosité  
des corps ,* 52

Quatrième Section. *De la compres-  
sibilité des corps ,* 70

Cinquième Section. *De l'impénétra-  
bilité des corps ,* 83

CHAPITRE TROISIÈME. *Du Mouve-  
ment ,* 97

Première Section. *De la vitesse ,* 100

Seconde Section. *De la force d'un  
corps en mouvement ,* 105

Troisième Section. *Des loix du Mou-  
vement ,* 109

DES MATIÈRES. 285

CHAPITRE QUATRIÈME. *De la force*  
*centripète* , 124

APPENDICE. *De l'attraction* , 156

CHAPITRE CINQUIÈME. *De la force*  
*Centrifuge* , 172

CHAPITRE SIXIÈME. *Du Mouvement*  
*réfléchi* , 201

CHAPITRE SEPTIÈME. *Des obstacles*  
*à la perpétuité du mouvement* , 225

Première Section. *De la résistance des*  
*milieux* , 229

Seconde Section. *De la résistance occa-*  
*sionnée par les frottemens* , 246

Troisième Section. *De l'obstacle au  
Mouvement occasionné par la ren-  
contre des différens corps,* 263

Fin de la Table.

